

*Aplicación de Escorias, Estiércol y un
Bioactivador en un Suelo Calcáreo Cultivado
con Frijol (Phaseolus vulgaris)*

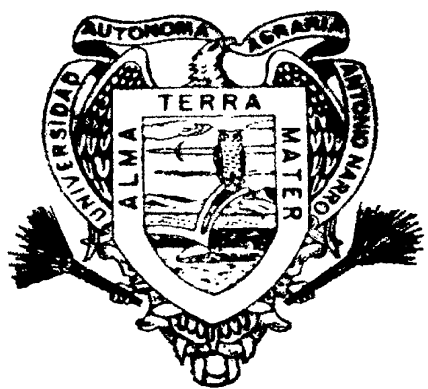
IRMA ARACELI FLORES HERRERA

TESIS

*Presentada como Requisito Parcial para
obtener el grado de:*

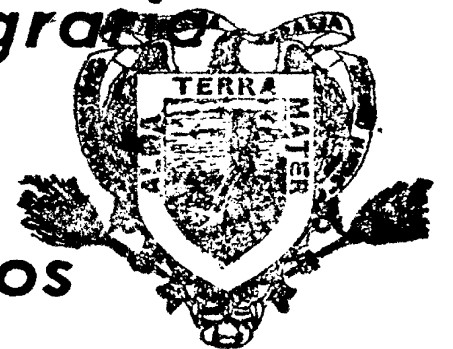
**MAESTRO EN CIENCIAS
EN SUELOS**

**Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"**



**Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"**

Programa de Graduados



BIBLIOTECA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 1996

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y
aprobada como requisito parcial para obtener
el grado de:

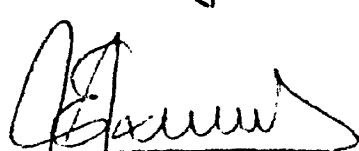
MAESTRO EN CIENCIAS
EN SUELOS

COMITE PARTICULAR

ASESOR PRINCIPAL:


M. C. VICTOR SAMUEL PEÑA OLVERA

ASESOR:


DR. EDUARDO A. NARRO FARIAS

ASESOR:


M. C. ADOLFO GARCÍA SALINAS


DR. JESUS M. FUENTES RODRIGUEZ
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Junio de 1996

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaria de Educación Pública, y en particular a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (D.G.E.T.A.) por su invaluable apoyo en la realización de mis estudios de Maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el otorgamiento de la beca - crédito que hizo posible alcanzar mi objetivo planteado.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en general; en especial al Departamento de Suelos, por poner a mi disposición su alto nivel educativo y de investigación de nuestro valioso recurso suelo.

Al Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 107, por brindarme la oportunidad de ver cristalizado mi anhelo de superación profesional.

A Altos Hornos de México S. A. (AHMSA) por facilitar las escorias y realizar los análisis químicos.

Al M.C. Víctor Samuel Peña Olvera, su valioso tiempo dedicado a la revisión de esta tesis y de quien aprendí que siempre se debe buscar ser el mejor.

Al Dr. Eduardo A. Narro Farías, por su colaboración y sugerencias en la preparación de esta tesis; por sus palabras de maestro y por darme la posibilidad de comprender cuales son los caminos de la ciencia.

Al M.C. Adolfo García Salinas, por la generosa, fértil e incomparable asesoría e imprescindible apoyo de campo que caracteriza al investigador activo que ama su carrera.

Al M.C. M. Carlos Andrade Hernández, porque más allá de sus valiosas sugerencias, llegó su sincera amistad y sus palabras de aliento.

Al M.C. Luis Miguel Lasso Mendoza, pues bajo la luz de sus conocimientos se amplió el horizonte de mi profesión.

Al Ing. Pedro Recio del Bosque, por su amistad y apoyo desinteresado brindado a lo largo de la realización del presente trabajo.

A Ramiro, Ismael, Cruz y Alfredo, por su apoyo brindado en los trabajos de campo.

A las laboratoristas Margarita e Idalia, pues gracias a su apoyo y colaboración se me facilitó el trabajo de laboratorio.

Un agradecimiento especial, a mi amiga Rosa Gpe. Prado Galván y a su apreciable familia, por su hospitalidad y amistad.

A todas aquellas personas que en alguna forma participaron en la realización de este trabajo y que involuntariamente dejo de mencionar.

DEDICATORIA

Con gran respeto y cariño dedico este trabajo a la memoria de mi *abuelo*:

Tomás Herrera Muñoz. (+)

Quién fue una persona que siempre dijo adelante y que sus consejos han sido muy valiosos para mis propósitos.

Con gran cariño y respeto para mis *padres*:

**Ing. Pedro David Flores Peña.
Ma. Guadalupe Herrera de Flores**

Por su gran amor y porque a pesar de todas las adversidades, han sabido conducir a todos sus hijos por el camino del bien, brindándonos lo mejor de ustedes sin escatimar esfuerzos. Con este trabajo les brindo un pequeño tributo de admiración, cariño y respeto. Siempre serán el ejemplo a seguir para la obtención de mis nuevas metas.

A las personas que más quiero...a mis *hijos*:

**Marco Antonio
Carlos Alberto**

Quiero agradecerles su infinita paciencia y comprensión a los sacrificios que hicieron de soportar para llevar a cabo mis estudios. A los cuales les dedico esta tesis como un ejemplo del camino a seguir; son inteligentes y fuertes; pueden llegar hasta donde quieran; recuerden siempre que la excelencia es el camino del triunfo.

A mis queridos *hermanos*:

**Fernando Omar,
Sandra Edith,
Luis Enrique
Gladis Jaqueline y
David Alejandro (+)**

Por todos aquellos momentos que hemos compartido juntos estableciendo así una gran unión inquebrantable. Gracias a su apoyo hoy concluyo una etapa más de mi superación profesional.

El éxito depende de la preparación y sin esa preparación es casi seguro que se llega al fracaso;

A mis sobrinos:

**Allan Christian,
Roxana Lizbetth,
Edith Aleyda,
Braulio Hernán,
Jany Yareli,
Surave Citlalli,
Erik Fernando,
Oscar Azcautli,
Amaury Tonatiuh y
Luis Alejandro**

les deseo fervientemente logren las metas que se fijen en su vida.

Al **T.L.C. Raúl Cuevas Villar**, mi gratitud por el apoyo que significa tu amistad.

COMPENDIO

Aplicación de escorias, estiércol y un bioactivador en un suelo calcáreo
cultivado con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Por

IRMA ARACELI FLORES HERRERA

MAESTRIA

SUELOS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNIO DE 1996

M.C. VICTOR SAMUEL PEÑA OLVERA - ASESOR -

Palabras clave: escorias, estiércol, bioactivador húmico, suelos calcáreos, frijol,
DOP.

El presente estudio tuvo como principales objetivos determinar el efecto de escorias, estiércol y bioactivador húmico e interacciones sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos calcáreos, así como medir el efecto de estos productos sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de frijol.

El estudio se realizó bajo la combinación de tres factores; estos fueron: tipos de escorias (Escoria bof, Lodo bof y Polvo colector 19300) con dosis de 500 kg/ha, estiércol ovino y bioactivador húmico (Humi K-900) con dos niveles de 0 - 2 ton/ha y 0 - 5 kg/ha respectivamente, los tratamientos se depositaron a un costado del hilo de siembra y se incorporaron al suelo 13 días después de la siembra.

Se determinaron propiedades físicas y químicas del suelo como: densidad aparente, materia orgánica, carbonatos totales, reacción del suelo (pH), conductividad eléctrica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro y zinc, en las cuales no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y sólo se observó tendencias en los carbonatos totales a disminuir y en materia orgánica, conductividad eléctrica nitrógeno, potasio, calcio y magnesio a incrementarse.

Para el análisis foliar se determinaron los elementos fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro y zinc, se observó diferencia estadística significativa en algunas interacciones.

Para este trabajo de investigación el orden de requerimiento de los elementos determinado por el DOP en la etapa de inicio de floración para la mayoría de las fuentes de variación fue el zinc, fósforo, magnesio, calcio, potasio y hierro. En los tratamientos (EoHoSo) testigo y (E3H1S1) polvo colector

con húmico más estiércol el orden es fósforo, magnesio, zinc calcio, potasio y fierro.

El tratamiento (E3H1So) que contiene polvo colector más húmico, fue el que obtuvo el rendimiento máximo superando al testigo en un 11.70 por ciento; además se observó que con la aplicación de cualquier tipo de escoria se incrementa la producción de biomasa más no así el rendimiento. En variables evaluadas en planta no se encontró diferencia estadística significativa.

Existieron correlaciones significativas y positivas entre rendimiento por planta con vainas por planta, semillas por planta y peso de 100 semillas, entre vainas por planta con semillas por planta y peso de 100 semillas, así mismo entre semillas por planta con peso de 100 semillas.

ABSTRACT

APPLICATION OF SLAG, MANURE AND A BIOACTIVATOR IN A
CALCAREOUS SOIL CULTIVATED WITH BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.).

By:

IRMA ARACELI FLORES HERRERA

MASTER OF SCIENCE

SOILS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNE 1996

M.C. VICTOR SAMUEL PEÑA-OLVERA - ADVISOR -

Key words: slag, manure, humic bioactivator, calcareous soils, bean, DOP.

The present study had as objective principals to determine the slag effect, manure and humic bioactivator and interactions on some physical properties and chemistries in calcareous soils, as well as to measure the effect of these products on the yield and their/its components in the bean crop.

The study was accomplished under the three combination factors; these were: types of slag (Slag bof, Mud bof and collector Powder 19300) with dose of 500 kg/ha, sheep manure and humic bioactivator (Humi K-900) with two levels of 0 - 2 ton/ha and 0 - 5 kg/ha. respectively, the treatments were deposited to a side of the sowing thread and were incorporated into soil 13 days after the sowing.

They were determined physical properties and chemistries of the soil as: bulk density, organic matter, total carbonates, reaction of the soil (pH), electrical conductivity, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron and zinc, in those which were not observed statistical difference significative among the treatments and only was observed trends in the total carbonates to reduce and in organic matter, electrical conductivity, nitrogen, potassium, calcium and magnesium to be increased.

For the leaf analysis to were determined the phosphorus elements, potassium, calcium, magnesium, iron and zinc, is observed statistical difference significative in some interactions.

For this investigation work the requirement order of the elements determined by the DOP in the stage of beginning of flowering for most of the sources of variation was the zinc, phosphorus, magnesium, calcium, potassium and iron. In the treatments (EoHoSo) blank treatment and (E3H1S1) collector

powder with humic more manure the order is phosphorus, magnesium, calcium zinc, potassium and iron.

The treatment (E3H1SO) that contains collector powder more humic, it was the one which obtained the maximum yield surpassing to the blank treatment in a 11.70 percent; furthermore it is observed that with the application of any type of slag is increase biomass production more not the thus the yield. In variable evaluated in plant was not found statistical difference significative.

Existed positive and significative correlation's among yield by plant with pods by plant, seeds by plant and weight of 100 seeds, among pods by plant with seeds by plant and weight of 100 seeds, also among seeds by plant with weight of 100 seeds.

INDICE DE CONTENIDO

Página

Indice de cuadros.....	xvi
Indice de figuras	xxi
INTRODUCCION	1
Hipótesis	3
Objetivos	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
Requerimientos nutrimentales.....	4
Nitrógeno	4
Fósforo	5
Potasio.....	6
Calcio	7
Magnesio.....	9
Manganeso.....	11
Fierro.....	12
Boro.....	14
Cobre.....	15
Zinc	15
Los micronutrientes en el suelo.....	17
La solubilidad de los micronutrientes	19
Suelos calcáreos	20
Escorias de Altos Hornos	22
Generalidades	22
Sustancias húmicas	28
Generalidades	28
Efectos de las sustancias húmicas	31
Materia orgánica	33
Diagnóstico nutricional	36
Desviación del porcentaje óptimo.....	36
Agronomía del cultivo	38
Componentes de rendimiento	39
Correlaciones	40
MATERIALES Y METODOS	42
Ubicación del sitio experimental	43
Clima	44
Suelo	44
Agua de riego	46
Descripción de materiales	47
Escorias	47
Bioactivador húmico	47
Estiércol.....	48
Tratamientos.....	48
Diseño experimental y distribución de tratamientos	49

Preparación del terreno	51
Semilla.....	51
Siembra.....	51
Fertilización	52
Aplicación de tratamientos.....	53
Riegos	53
Labores de cultivo.....	53
Cosecha.....	54
Características medidas en el suelo.....	54
Análisis foliar.....	55
Diagnóstico nutricional	55
Características medidas en planta	57
Vainas por planta, Semillas por planta,	
Semillas por vaina y Rendimiento por planta	57
Rendimiento por hectárea.....	57
Peso de 100 semillas	57
Biomasa	58
RESULTADOS Y DISCUSION	59
Características físicas y químicas del suelo.....	59
Densidad aparente (Da).....	59
Materia orgánica	61
Carbonatos totales	64
Reacción del suelo (pH)	66
Conductividad eléctrica	68
Análisis de elementos en suelo.....	72
Nitrógeno, Fósforo y Potasio.....	72
Nitrógeno.....	72
Fósforo	74
Potasio.....	76
Calcio y Magnesio.....	79
Calcio.....	80
Magnesio	84
Fierro y Zinc.....	86
Fierro	86
Zinc.....	90
Análisis foliar	92
Diagnóstico nutrimental. Índice DOP.....	98
Componentes de rendimiento.....	101
Vainas por planta	102
Semillas por planta	102
Semillas por vaina.....	103
Rendimiento por planta.....	103
Peso de 100 semillas	104
Producción de biomasa.....	105

Rendimiento por hectárea	107
Relación de biomasa con rendimiento de semilla por ha.....	109
Relación de los índices DOP con rendimiento de semilla por ha.....	110
Correlaciones	112
CONCLUSIONES.....	114
RESUMEN	116
LITERATURA CITADA.....	119
APENDICE.....	126

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1	Resumen de temperatura, lluvia y evaporación durante el desarrollo del cultivo de frijol. Navidad, N. L. 1995.	44
3.2	Análisis físico-químicas del suelo a la profundidad de 0-30 cm antes de la aplicación de los tratamientos. Navidad, N. L. 1995.....	45
3.3	Análisis de agua de riego. Navidad, N. L. 1995.	46
3.4	Composición de las escorias utilizadas en Navidad, N. L. 1995.....	47
3.5	Tratamientos estudiados. Navidad, N. L. 1995.	49
4.1	Promedios de Da (g/cm^3) evaluadas a inicio, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	60
4.2	Promedios de M.O. (%) evaluadas a Inicio, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	62
4.3	Promedios de CO_3 (%) evaluadas a Inicio, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	64
4.4	Promedios de pH evaluadas a Inicio, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	67
4.5	Promedios de C.E. (dS/m) evaluadas a Inicio, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	69
4.6	Prueba de DMS para la variable C.E. evaluadas a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	70
4.7	Promedios de N, P y K (%) evaluadas a Inicio, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	72
4.8	Prueba de DMS para la variable P evaluadas a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	76
4.9	Prueba de DMS para la variable K en la interacción Húmico x Estiércol (B x C) evaluadas a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	77
4.10	Prueba de DMS para la variable K en el factor Húmico (B) evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	78

4.11	Prueba de DMS para la variable K en la interacción Húmico x Estiércol (B x C) evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	78
4.12	Promedios de Ca, Mg (%) evaluadas a 0, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	80
4.13	Prueba de DMS para la variable Ca en el factor Húmico (B) evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	81
4.14	Prueba de DMS para la variable Ca en la interacción Escoria x Estiércol (A x C) evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	82
4.15	Prueba de DMS para la variable Ca en la interacción Húmico x Estiércol (B x C) evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	82
4.16	Prueba de DMS para la variable Mg en la interacción Escoria x Estiércol (A x C) evaluadas a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	85
4.17	Concentración de Fe y Zn (ppm) en el suelo, en muestras tomadas al inicio, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	87
4.18	Prueba de DMS para la variable Fe en el factor Húmico (B) evaluadas a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	88
4.19	Prueba de DMS para la variable Fe en la interacción Escoria x Estiércol (A x C) evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	88
4.20	Prueba de DMS para la variable Zn en el factor Escoria (A) evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	91
4.21	Medias de los tratamientos de diferentes variables de análisis foliar en hojas (sin peciolo) en el cultivo de frijol en muestras compuestas en la etapa de floración. Navidad, N. L. 1995.....	92
4.22	Rangos de concentración de nutrimentos propuestos por Jones <i>et al.</i> (1991) en folíolos de frijol al inicio de la floración.	92

4.23	Prueba de DMS para la variable K en la interacción Escoria x Húmico (A x B) evaluadas a inicio de floración en hojas sin peciolo en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	95
4.24	Prueba de DMS para la variable Zn en el factor (C) evaluadas a inicio de floración en hojas sin peciolo en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	95
4.25	Prueba de DMS para la variable Zn en la interacción Escoria x Húmico (A x B) evaluadas a inicio de floración en hojas sin peciolo en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	96
4.26	Valores de índices de la desviación del porcentaje óptimo para frijol, Navidad, N. L. 1995.....	99
4.27	Promedios de diferentes características agronómicas de frijol en Navidad, N. L. de 1995.....	101
4.28	Prueba de DMS para la variable biomasa 2 en el factor escoria (A) evaluadas a los 114 días después de la siembra (llenado de vainas) en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	107
4.29	Valores promedio para cada factor en estudio en relación al índice DOP y rendimiento de grano por hectárea de frijol, Navidad, N. L. 1995.....	111
4.30	Correlación fenotípica para diferentes características agronómicas de frijol. Navidad, N. L. 1995.	112
A.1	Promedio de los factores de las diferentes variables evaluadas en suelo a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	127
A.2	Medias de la interacción escoria y Húmicos (A x B) de diferentes variables evaluadas en suelo los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	127
A.3	Medias de la interacción escoria y estiércol (A x C) de diferentes variables evaluadas en suelo a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	127
A.4	Medias de la interacción Húmicos y estiércol (B x C) de diferentes variables evaluadas a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	128
A.5	Medias de los tratamientos de diferentes variables evaluadas en suelo a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	128

A.6	Cuadrados medios y coeficientes de variación de diferentes variables evaluadas en suelo a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	129
A.7	Promedio de los factores de las diferentes variables evaluadas en suelo a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	130
A.8	Medias de la interacción escoria y Húmicos (A x B) de diferentes variables evaluadas en suelo los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	130
A.9	Medias de la interacción escoria y estiércol (A X C) de diferentes variables evaluadas en suelo a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	130
A.10	Medias de la interacción Húmicos y estiércol (B x C) de diferentes variables evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	131
A.11	Medias de los tratamientos de diferentes variables evaluadas en suelo a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	131
A.12	Cuadrados medios y coeficientes de variación de diferentes variables evaluadas en suelo a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.	132
A.13	Promedio de los factores de las diferentes variables del análisis foliar evaluadas a inicio de floración (75 días después de la siembra) en frijol en Navidad, N. L. 1995.	133
A.14	Medias de la interacción escoria y Húmicos (A x B) de diferentes variables de análisis foliar evaluadas a inicio de floración (75 días después de la siembra) en frijol en Navidad, N. L. 1995.	133
A.15	Medias de la interacción escoria y estiércol (A x C) de diferentes variables de análisis foliar evaluadas a inicio de floración (75 días después de la siembra) en frijol en Navidad, N. L. 1995.	133
A.16	Medias de la interacción Húmicos y estiércol (B x C) de diferentes variables de análisis foliar evaluadas a inicio de floración (75 días después de la siembra) en frijol en Navidad, N. L. 1995.	134
A.17	Medias de los tratamientos de diferentes variables de análisis foliar evaluadas a inicio de floración (75 días después de la siembra) en frijol en Navidad, N. L. 1995.	134

A.18	Cuadrados medios y coeficientes de variación de diferentes variables de análisis foliar evaluadas a inicio de floración (75 días después de la siembra) en frijol en Navidad, N. L. 1995.....	135
A.19	Promedio de las diferentes variables agronómicas evaluados en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	136
A.20	Promedio de la interacción Escoria x Húmicos (A x B) en las diferentes variables agronomicas evaluados en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	136
A.21	Promedio de la interacción Escoria x Estiércol (A x C) de las diferentes variables agronómicas evaluados en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	136
A.22	Promedio de la interacción Húmicos x Estiércol (B x C) de las diferentes variables agronómicas evaluados en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	137
A.23	Medias por tratamientos de las diferentes variables agronómicas evaluados en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	137
A.24	Cuadrados medios y coeficientes de variación de diferentes variables agronómicas evaluados en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.....	138

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
3.1	Localización geográfica del Campo agrícola experimental "Ing. Humberto Treviño Siller". Navidad, N. L. 1995.....43
3.2	Distribución de los tratamientos en campo. Navidad, N. L. 1995.50
4.1	Comportamiento de las diferentes tipos de escorias en función del tiempo sobre la densidad aparente en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.60
4.2	Comportamiento de los tratamientos en función del tiempo sobre la Materia orgánica en el cultivo de frijol, Navidad, N. L.1995.63
4.3	Comportamiento de los tratamientos en función del tiempo sobre carbonatos totales en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.65
4.4	Comportamiento de los diferentes tipos de escorias en función del tiempo sobre la Reacción del suelo (pH) en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.67
4.5	Comportamiento de la interacción de los factores Húmico x Estiércol (B x C) en el segundo muestreo sobre la Conductividad Eléctrica en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.71
4.6	Nitrógeno en el suelo para los tratamientos que no contienen escorias en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.73
4.7	Comportamiento del Fósforo en el suelo en promedio por tratamiento en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.75
4.8	Comportamiento del Potasio en suelo para las interacciones Húmico x Estiércol (B x C) a los 75 y 150 días después de la siembra respectivamente, en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.79
4.9	Comportamiento del Calcio en suelo para las interacciones Escorias x Estiércol (A x C) y Húmico x Estiércol (B x C) a los 150 días después de la siembra, en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.83
4.10	Comportamiento del Magnesio en suelo para la interacción Escoria x Estiércol (A x C) a los 75 días después de la siembra, en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.85
4.11	Comportamiento del Hierro en suelo para las interacción Escoria x Estiércol (A x C) a los 150 días después de la siembra, en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.89

4.12	Producción de biomasa a 75, 114 y 135 días después de la siembra en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.	106
4.13	Rendimiento por hectárea en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.	109
4.14	Tendencia entre producción de biomasa y rendimiento de grano por hectárea de frijol, Navidad, N. L. 1995.	110
4.15	Tendencia de los índices DOP con el rendimiento de frijol en ton/ha. Navidad, N. L. 1995.	111

INTRODUCCION

Uno de los principales problemas que existen a nivel mundial es la escasez de alimentos, esto se debe al desequilibrio que hay entre la producción de alimentos y el acelerado aumento de la población.

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) es uno de los cultivos de mayor importancia, no sólo en México, sino también en América Latina, debido a que éste, constituye la principal fuente de proteína de origen no animal y es uno de los alimentos básicos, siendo el cultivo de mayor importancia en México, después del maíz; en 1991 la superficie cosechada fue de 2 millones de hectáreas en el ciclo primavera-verano y de 400 mil hectáreas en el otoño-invierno (INEGI, 1994).

El estado que contribuyó con mayor superficie a la producción de frijol fue Zacatecas, seguido en orden de importancia por Durango, Guanajuato, San Luis Potosí, Chiapas y Chihuahua, los cuales contribuyen en conjunto con 59 por ciento de la superficie nacional cosechada con frijol. El estado que mayor contribución hizo a la producción nacional de este básico fue Zacatecas. Sólo en cuatro estados (Zacatecas, Sinaloa, Nayarit y Durango) se concentró el 50 por ciento de la producción nacional.

La media de producción nacional (650 kg/ha aproximadamente) es baja en comparación con la obtenida por otros países, esto debido entre otras causas a que el 85 por ciento de la superficie sembrada con esta leguminosa se desarrolla bajo condiciones de temporal.

Sin duda, los factores que limitan la producción de frijol en México además del ya mencionado son diversos entre los cuales podemos mencionar: falta de uso extensivo de variedades mejoradas, deficiente control de plagas, enfermedades, malezas, uso inadecuado de fertilizantes, además de lo anterior en muchas de las ocasiones la siembra de este cultivo se realiza en suelos que no reúnen los requisitos indispensables para el mismo. Dentro de estos podemos mencionar pH excesivo, bajo contenido de materia orgánica, altos contenidos de carbonatos de calcio, etc. siendo estos factores limitante en la producción del cultivo.

Debido a lo anterior es importante buscar la utilización de productos que tiendan a mejorar las propiedades físico-químicas de los suelos donde se produce el cultivo, para maximizar sus rendimientos.

En base a lo mencionado se planteó el presente trabajo con los siguientes:

OBJETIVOS

Determinar el efecto de escorias, estiércol y bioactivador húmico e interacciones sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos calcáreos, así como el efecto en el cultivo de frijol en cuanto a su balance nutricional.

Medir el efecto de la aplicación de escorias, estiércol y bioactivador húmico sobre el rendimiento y sus componentes, y las correlaciones entre ellas en el cultivo de frijol.

HIPOTESIS

La aplicación de escorias, estiércol y bioactivador húmico mejoran las propiedades físico-químicas de los suelos calcáreos.

La aplicación de escorias, estiércol y bioactivador húmico mejoran la nutrición del cultivo de frijol reflejándose ésta en el rendimiento y sus componentes.

REVISION DE LITERATURA

Requerimientos nutrimentales

Cuando se busca obtener buenos rendimientos en el cultivo, es indispensable considerar un factor de suma importancia, como es el caso de la nutrición vegetal, siendo éste, de aspecto vital para la calidad y cantidad de los productos que se esperan obtener.

Es importante considerar que las interacciones entre nutrimentos son unos de los factores que afectan el contenido y el estado nutricional de las plantas. Por ejemplo la aplicación de fósforo disminuye el contenido de zinc, la aplicación de potasio disminuye el contenido de calcio y magnesio. Este antagonismo entre elementos también es muy notable en la absorción de fierro, cobre, manganeso y zinc (Howeler, 1983).

Nitrógeno

Ortiz (1977) y Narro (1995) mencionan que las plantas toman el nitrógeno en forma amoniacal (NH_4^+) y la nítrica (NO_3^-), una vez absorbido el N, en la planta es reducido a la forma NH_2^- (amina). El N ocupa entre el 1.5 y 6 por

ciento del peso seco de muchos cultivos, participa en la síntesis de aminoácidos, proteínas y clorofila; es un constituyente de enzimas, cromosomas, hormonas y vitaminas. El N en la planta es fácilmente translocable. Las plantas deficientes son achaparradas, cloróticas, erectas, con hojas verde pálido y las inferiores amarillas y secas; las venas permanecen más tiempo verdes. El N se pierde del suelo por remoción por plantas, lavado, desnitrificación y erosión. Puede ser inmovilizado temporalmente.

Fósforo

El P es absorbido como ion ortofosfato primario H_2PO_4^- y en pequeñas cantidades como ion ortofosfato secundario $\text{HPO}_4^{=}$, en suelos alcalinos. El P ocupa entre el 0.15 y 1.0 por ciento del peso seco de muchos cultivos, presenta alta movilidad en tejidos vegetales, pero es muy poco móvil en el suelo. Es un componente de proteínas y nucleoproteínas; participa en procesos de transferencia metabólica y transporte de energía, ATP, la utilización de azúcares y almidones, fotosíntesis, formación del núcleo y división celular, elaboración de grasas y de albumen, organización celular y transmisión de la herencia. El fósforo estimula la formación y crecimiento de raíces. Las plantas deficientes son de color verde-azulado con tintes bronceados o púrpura, tallos delgados, hojas pequeñas, madurez tardía, caída prematura de las hojas y semillas vanas. Los problemas del fósforo en el suelo son muy complejos y además, puede

reaccionar con Fe, Zn, Cu, Mn y Ca y formar compuestos insolubles (Ortiz 1977 y Narro 1995).

Las leguminosas con mayor capacidad para absorber Ca son capaces de extraer más P de la solución del suelo. Estas plantas liberan más CO_2 originando una acidez que tiende a disolver una mayor proporción de las formas insolubles (Ortiz 1977).

Potasio

El potasio es indispensable para la vida y participa directamente en la formación y del crecimiento de las células. El potasio es muy móvil en el interior de los tejidos vegetales y juega diversos papeles:

- Activa la fotosíntesis y favorece la formación de glúcidos (azúcares y almidón) en las hojas y su acumulación en los órganos de reserva (raíces y tubérculos).
- Participa en la formación de las proteínas.
- Reduce la transpiración bajando las necesidades de agua de los vegetales y aumentando su resistencia a la sequía; asegura una mayor eficacia de los riegos.
- Permite una mayor resistencia al frío y a las enfermedades.

- Junto al ácido fosfórico favorece el desarrollo radical y confiere una mayor resistencia mecánica a los tejidos vegetales y con ello a las adversidades y el encamado (Bartolini, 1989).

El potasio está presente en el suelo en cuatro formas: como ion K^+ en la solución del suelo, intercambiable en los coloides, fijado a las arcillas 2:1 principalmente illitas y formando parte de los minerales. Las plantas toman el potasio como K^+ de la solución del suelo. Ocupa entre el 1.0 y 5.0 por ciento del peso seco de muchos cultivos, presentan alta movilidad en tejidos vegetales y su movilidad en los suelos es media. Interviene en la formación de azúcar y almidón; síntesis de proteínas. Cataliza reacciones, neutraliza ácidos orgánicos y opera estomas. Imparte gran vigor y resistencia a las enfermedades, aumenta el tamaño de grano y semillas. La deficiencia de potasio provoca infestación de enfermedades, el rendimiento y calidad de frutos se reduce, las hojas viejas son moteadas con puntos verde pálido, necróticos o curvados, con márgenes y puntos quemados; sistema radical y tallos débiles (Jones *et al.*, 1991 y Narro, 1995).

Calcio

Los efectos benéficos del calcio en un suelo salino cultivado con frijol son los siguientes:

- Rápido y elevado porcentaje de germinación.
- Al incrementar la concentración de calcio en la zona radical, se reduce el efecto negativo de la salinidad.
- Un mayor nivel de calcio reduce la absorción de sodio, e incrementa la absorción de calcio, consecuentemente reduce la toxicidad del sodio.
- Parcial preservación de la integridad de la membrana contra daños de cloruro de sodio (Cachorro *et al.*, 1994).

El calcio es el elemento que con mayor frecuencia aparece en los desórdenes nutricionales de las plantas. Su dificultad de absorción pasiva y transporte por el xilema sin prácticamente translocación, le hacen muy susceptible a carencias locales y estacionales, en gran medida independientes de su presencia y concentración en la solución nutritiva. En efecto, su toma por la raíz se ve afectada por causas tan diversas como: intensidad de la transpiración, concentración salina de la solución, concentración de cationes antagónicos como magnesio, potasio, sodio y amonio. Las carencias de calcio se producen en las partes de la planta en rápido crecimiento, hojas o frutos jóvenes, cuando el desarrollo celular es rápido y la necesidad de calcio para incorporación de las paredes celulares elevada (Cánovas y Díaz, 1993).

El calcio se encuentra presente en el suelo como catión calcio en la solución y como calcio intercambiable en los coloides del suelo. En suelos de pH mayor de 8.0 pueden contener altas cantidades de calcio precipitado como

carbonato y sulfato de calcio. Las plantas lo toman como Ca^{++} de la solución. El calcio es de muy baja movilidad en el floema y en el suelo es media; dentro de sus funciones ayuda a mantener la integridad y permeabilidad de las membranas celulares, constituye parte de las paredes celulares, interviene en la división y elongación celular, en el crecimiento y asimilación del nitrógeno. Aumenta la germinación del polen y neutraliza ácidos orgánicos. La deficiencia de calcio afecta las zonas meristemáticas; las plantas presentan color café en las puntas de crecimiento y neutraliza ácidos orgánicos (Carbonero, 1985, Jones *et al.*, 1991 y Narro, 1995).

Magnesio

El magnesio se encuentra en el suelo en la solución como Mg^{++} y en forma intercambiable en los coloides del suelo. La movilidad en la planta es alta y en el suelo es media; forma parte de la molécula de clorofila y sirve como cofactor de la mayoría de las enzimas que activan los procesos de fosforilación. Participa en la síntesis de ARN y proteínas. Es necesario en la formación de azúcares, ayuda a regular la asimilación de potasio y calcio. Actúa como transporte de fósforo en la planta y promueve la formación de aceites y grasas. Los síntomas de deficiencia se observan como una clorosis intervenal en hojas viejas, con daño severo también se observa en hojas jóvenes, las que pueden desarrollar áreas necróticas. La deficiencia se provoca por concentraciones

bajas en el suelo o por excesos de calcio y potasio en el suelo, (Jones *et al.*, 1991 y Narro , 1995).

El magnesio se absorbe por las plantas del suelo en forma iónica Mg^{++} , forma parte de la estructura de la molécula de clorofila, es cofactor de todas las enzimas que actúan sobre los substratos fosforilados: es vital en el transporte de energía en el metabolismo. Al formar parte de la clorofila el síntoma más conocido de deficiencia es la clorosis de las hojas en los espacios entre los nervios. Esto ocurre primero en las hojas más viejas y se desplaza hacia las hojas más jóvenes, a medida que la deficiencia es más aguda, por esto el magnesio es un elemento móvil en la planta (Armas *et al.*, 1988).

El magnesio es menos abundante en los suelos que el calcio, la mayoría de las plantas lo requieren en grandes cantidades y se toma como Mg^{++} . Desempeña importantes funciones en la planta, puede servir para ligar enzima y substrato, por ejemplo en reacciones que implican transferencia de fosfato de ATP, en las que el magnesio actúa como eslabón que vincula la enzima a su substrato. El magnesio es decisivo en las reacciones de metabolismo energético, así como en la síntesis de constituyentes del núcleo, cloroplasto y ribosoma (Bidwell, 1979).

Armas *et al.* (1988) mencionan que el magnesio es parte de la estructura de clorofila, vital en el transporte de energía del metabolismo, en la

síntesis de constituyentes celulares, cofactor en muchas enzimas que activan el proceso de la fosforilación, sirve como puente entre las estructuras pirofosfato de los ATP y ADP.

Manganeso

Razeto (1991) menciona que el manganeso es esencialmente un elemento activador de enzimas. Como tal interviene en la fotosíntesis, la respiración y el metabolismo del nitrógeno. Al mismo tiempo, ejerce una función reguladora sobre la permeabilidad de las membranas celulares. Su movilidad dentro de la planta es intermedia.

El nivel de suficiencia de Mn en el follaje es de 5.0 por ciento; la movilidad de este elemento es baja en suelo y en tejidos vegetales y participa en la síntesis de clorofila, y en los procesos de oxidación reducción en el sistema de transporte electrónico en la fotosíntesis; activa oxidasas del ácido indolacético. Las plantas dicotiledóneas deficientes presentan clorosis intervenal en las hojas jóvenes, con venas verde pálido. La disponibilidad del Mn disminuye al incrementarse el pH del suelo. El exceso de Mn puede ocasionar puntos café rodeados de un círculo clorótico en la hojas viejas y puede originar deficiencias de otros elementos menores. (Narro, 1995).

Brown (1981) indica que los factores que causan la clorosis son: Bajo suministro de Fe, carbonatos de calcio en el suelo, bicarbonatos en el suelo o aguas de riego, sobreirrigación o alto nivel de humedad, alto nivel de fosfatos, altos niveles de metales pesados como: Mg, Cu y Zn, altos o bajas temperaturas; alta intensidad de luz, altos niveles de nitratos de nitrógeno, desbalance de cationes, baja aireación del suelo, virus y daño de raíces por nemátodos u otros organismos. En general, cualquier factor que intervenga en la absorción o utilización del Fe puede causar deficiencia de este elemento.

Narro (1995) cita que el rango de suficiencia de Fe es de 50 a 300 ppm, presenta baja movilidad tanto en suelo como en planta y es un componente importante en varios sistemas enzimáticos y de la proteína ferredoxina y se requiere para la reducción de sulfatos y nitratos, así como para la síntesis de clorofila y de proteínas en las regiones meristemáticas.

La deficiencia de Fe en las plantas puede ser causada por varios factores que intervienen en la absorción y translocación. Algunos de estos factores son: Desbalance de microelementos, pH altos, plantas Fe-ineficientes, baja capacidad reductora de la raíz y la oxidación de Fe^{2+} a Fe^{3+} (Ambler *et al* 1970).

Froehlich y Fehr (1983) reportan reducciones del 31.1 por ciento y 20.5 por ciento en el rendimiento y altura respectivamente, cuando la soya es

sembrada en suelos calcáreos con problemas de clorosis. Además, la madurez presentó un retraso de un cinco por ciento y el peso de 100 semillas se redujo en un seis por ciento.

El zinc es precursor del triptofano, participa en la síntesis de auxinas, en la formación de cloroplastos y almidón y se requiere en la formación de semillas, participa en las mismas funciones enzimáticas que el Mn y Mg. El zinc reacciona con el fósforo y otros compuestos y se fija Narro (1995) y Jones *et al.* (1991).

Boro

El boro interviene en la absorción y metabolismo de los cationes, en especial del calcio. Participa en la formación de la pectina de las paredes celulares, en la síntesis de ácidos nucleicos y en el transporte de los carbohidratos en el floema. Es requerido en puntos de alta actividad metabólica. Es un elemento muy inmóvil. La sequía es una causa frecuente de la deficiencia de boro (Razeto, 1991).

Las dicotiledóneas tienen su nivel de suficiencia entre 20 y 75 ppm del peso seco; la movilidad en suelo es media alta y muy baja en el floema de las plantas; participa en la síntesis de una de las bases del ácido ribonucleico y en actividades celulares de división, diferenciación, maduración y otras; afecta la

floración y la germinación del polen, participa en la estabilidad de la membrana y la pared celular e influye en el rendimiento y calidad de frutos. Su disponibilidad en suelo disminuye al incrementarse el pH y se puede perder por remoción de las plantas y por lavado (Narro, 1995).

Cobre

El cobre alcanza su nivel de suficiencia de entre 7 y 30 ppm del peso seco; la movilidad de este elemento es baja en suelo y en tejidos vegetales y participa como constituyente de la proteína plastocianina del cloroplasto y sirve como parte del sistema de transporte de electrones ligando los fotosistemas 1 y II. Participa en la síntesis de lignina, y es cofactor en la síntesis de ácidos nucleicos. El exceso de Cu puede ocasionar deficiencia de Fe y clorosis y crecimiento reducido de raíces (Narro, 1995).

Zinc

Las deficiencias de zinc se han encontrado en un amplio rango de condiciones del suelo pero parecen ser más frecuentes en suelos calcáreos y en aquellos con excesivos contenidos de fósforo.

El micronutriente zinc se encuentra más fuertemente retenido en los horizontes superficiales del suelo. El total del contenido en el suelo varía de

acuerdo al tipo, pero la presencia en el suelo no es un criterio de su disponibilidad para las plantas, sino la presencia de otros nutrimentos (Mortvedt *et al.*, 1983).

Mortvedt *et al.*, (1983) mencionan que la fuerte adsorción de zinc en suelos minerales puede responsabilizarse en parte a la baja solubilidad de este elemento (tiende a formar compuestos de baja solubilidad), las precipitaciones de carbonatos, hidróxidos y fosfatos pueden reducir la disponibilidad de zinc en el suelo a niveles bajos.

Factores que regulan el aprovechamiento del zinc:

- pH. Su disponibilidad es mayor en suelos ácidos que en los suelos alcalinos.
- Nivel de fósforo en el suelo. A mayor contenido de fósforo ion-suelo se reduce su disponibilidad al formar fosfatos de zinc insolubles.
- Materia orgánica. Los suelos muy ricos en materia orgánica tienden a inmovilizar el zinc.
- Tipo de arcillas y minerales. Las deficiencias se han detectado en arcillas negras, las cuales predominan en suelos tropicales, mientras que los minerales: magnetita, dolomita y calcita tienden a inmovilizar el zinc.
- Contenido de otros iones. Tal es el caso de los nitratos y cloruros que favorecen la solubilidad, pero a su vez ayudan a su lixiviación en suelos ligeros.

- Tipo de planta. En base a su exigencia de zinc, las plantas se han clasificado en tres categorías:
 - a.) Las sensibles, tales como frutales, soya, frijol y maíz.
 - b.) Las intermedias, tales como la alfalfa, tomate y papa.
 - c.) Las resistentes debido a su habilidad para extraer Zn. Ejemplo trigo, cebada y zacates en general.
- Temperatura y humedad. Las deficiencias de zinc se acentúan más en épocas frías y húmedas desapareciendo al entrar la temporada de calor.

Los micronutrientes en el suelo

Uvalle *et al.* (1987), mencionaron que la corrección de algunos desórdenes nutricionales depende de un mejor entendimiento del comportamiento de los oligoelementos o micronutrientes en los suelos llamados así por ser requeridos por las plantas en pequeñas cantidades; ya que la deficiencia o exceso de estos, son los principales obstáculos para el logro del potencial de rendimiento de las nuevas variedades de diversos cultivos. Por esto, aun y cuando se cuente con variedades genéticamente prometedoras o se provea de grandes cantidades de macronutrientes, muchas veces "esa pequeña cantidad requerida por las plantas" es la responsable de obtener una baja producción.

De acuerdo con Mortvedt *et al.* (1983), los micronutrientes existen en el suelo en diversas formas:

- a) como iones libres y complejos en la solución del suelo.
- b) como cationes adsorbidos específicamente y no específicamente.
- c) como iones ocluidos principalmente en los carbonatos y óxidos hidratados del suelo.
- d) en residuos biológicos y organismos vivos.
- e) en los latices de las estructuras de los minerales primarios y secundarios.
- f) como precipitados.

La adsorción no específica del Fe^{2+} , Mn^{2+} y Zn^{2+} ocurre en los suelos cuando se forman complejos entre los agregados del suelo con un grupo funcional y los cationes sobre la parte externa, por ejemplo a través de la formación de un enlace por interacción electrostática. Este enlace formado es ejemplificado por la atracción entre estos cationes y las cargas provenientes de la sustitución isomórfica en filosilicatos o entre Mn^{2+} y grupos funcionales de la materia orgánica. Un catión adsorbido no específicamente es usualmente denominado catión intercambiable.

La adsorción específica se refiere a la formación de un complejo entre catión micronutriente y un grupo funcional de los componentes del suelo internamente. En suelos, los cationes Fe^{2+} , Mn^{2+} y Zn^{2+} pueden ser adsorbidos

específicamente por carbonatos, óxidos hidratados de Al, Fe y Mn, materia orgánica del suelo y filosilicatos. (Mortvedt *et al.*, 1983).

La solubilidad de los micronutrientes

Lindsay y Norvell, (1983), indicaron que las fases sólidas juegan un papel importante en la determinación de la solubilidad de los micronutrientes en el suelo. Siempre que la actividad del ion de un nutriente en la solución del suelo, exceda la concentración de equilibrio de algún mineral, dicho mineral empieza a precipitarse.

Por lo contrario, siempre que un nutriente en la solución del suelo disminuye su concentración por debajo de la solubilidad de equilibrio de la fase sólida, dicha fase empezará a disolverse. De esta forma las fases sólidas tienden a amortiguar la concentración de nutrientes solubles en los suelos.

Las características químicas que más influyen en la disponibilidad de los nutrientes son: materia orgánica, arcilla, pH, carbonatos, N, K, Mn asimilables, así como Mn y Zn totales (Ortega y Delas, 1988).

Suelos calcáreos

En muchas áreas agrícolas del estado existen suelos calcáreos, donde la disponibilidad de los nutrimentos para los cultivos es afectada por el pH alcalino y un elevado contenido de CaCO_3 .

Camacho (1992), concluyó que los contenidos elevados de carbonato libre, Ca extractable y un pH alto, afectan negativamente la concentración de Fe, Mn, Cu y Zn disponible.

Los suelos calcáreos representan más del 30 por ciento de la superficie del planeta, y se originaron a partir de la intemperización del material secundario de rocas calizas; donde los principales materiales derivados son, la calcita en forma de cristales, la dolomita, la anhidrita y el yeso (Cajuste, 1977; Chen y Barak, 1982).

El fósforo en suelos calcáreos se encuentra como fosfato tricálcico y es poco asimilable por la planta. con el tiempo el fósforo de este compuesto es retenido cada vez mas fuertemente por las partículas del suelo como la carbonato apatita, que provoca deficiencias de este elemento en los cultivos (Tisdale y Nelson, 1982).

Al incrementarse el pH, se provoca una baja solubilidad de algunos elementos esenciales para los cultivos entre estos al fósforo, fierro, manganeso, zinc, cobre y boro, este efecto detrimental se presenta con mayor énfasis en cebada, avena, frijol, algodón, sorgo, soya, papa y cacahuate como cultivos extensivos, así como otros frutales y ornamentales (Chen y Barak, 1982).

Las deficiencias de zinc han tratado de resolverse con adiciones al suelo sin resultado, porque este elemento es indisponible al cultivo por ser adsorbido por los carbonatos o precipitado por los hidróxidos ambos responsables en parte de la indisponibilidad en suelos calcáreos (Udo *et al.* 1970).

Una manera de resolver los problemas de deficiencias de fierro en suelos calcáreos es la adición de composta y estercoladuras, donde la dosis de 10 ton/ha de estiércol de bovino mostraron una diferencia estadísticamente significativa en el control de la deficiencia con el testigo, también en sorgo se encontró esta respuesta pero con dosis de 20 ton/ha. Esta respuesta es porque el estiércol contienen quelatos que mantienen al fierro disponible para el cultivo, mientras que el fierro como FeSO_4 puede ser convertido a carbonatos y fosfatos insolubles que son indisponibles para la planta (Mathers *et al.* 1980).

La deficiencia de fierro en suelos calcáreos en casos extremos causa el fracaso de los cultivos, el fierro dentro de un rango de pH de 7.5 a 9.0 su

concentración no excede de 5.6 partes por trillón y parte de esta concentración se encuentra en forma férrica que no puede ser reducida a su forma ferrosa para ser absorbido por las plantas, debido a la alcalinidad del medio (Chen y Barak 1982).

La formación de compuestos insolubles con carbonatos y altos contenidos de calcio y metales pesados como el níquel, ocasionan que los compuestos de fierro precipiten (Brown 1981, Wallace *et al.* 1978). Este efecto se ha observado en maíz cultivado en suelos calcáreos, donde al aplicar fósforo y zinc al suelo, decrece el contenido de fierro en el tejido vegetal y al aplicar magnesio se incrementa su concentración (Agbin, 1981).

Escorias de altos hornos

Generalidades

Desde el punto de vista químico, las escorias de horno alto se componen fundamentalmente de óxidos de silicio y aluminio formados a partir de las gangas de los minerales que contribuyen la carga del horno y de óxido de calcio y magnesio procedentes de los fundentes. Así mismo, están presentes en su composición, óxidos de hierro, magnesio y azufre, principalmente.

Stievitz (1982), obtuvo resultados satisfactorios en el cultivo de remolacha, en el cual se agregaron 6.0 ton/ha de escorias a un suelo ácido y se encontró que no solo se neutraliza la acidez sino que también se suministran al suelo 90 kg de P_2O_5 lo cual se traduce a 500 kg de superfosfato, lo cual a su vez indica que existe una relación de 1 a 5.5 entre el P_2O_5 y el superfosfato.

Los resultados que se obtuvieron fueron sorprendentes dado que la variación en rendimiento por hectárea fue mínima cuando se usó un 100 por ciento de escoria que cuando se usó un 50 por ciento de fertilizante y un 50 por ciento de escoria.

Jiménez (1992) señala que las escorias contienen macroelementos como Ca, Mg, S, y oligoelementos como Fe, Mn, B que pueden incorporarse al suelo como parte del sustrato de nutrición o por quelación con las sustancias húmicas. Tienen propiedades físicas como porosidad y capacidad de retención del agua favorables para la incorporación de los nutrimentos a las plantas.

Finck (1985) menciona que las escorias reciben el nombre de Thomas en honor a su descubridor y dentro de las características más importantes son la *fracción asimilable soluble en ácido cítrico*, para mejor efectividad el producto debe estar finamente triturado y suele granularse cuando se forman abonos compuestos como escorias Thomas potásicas. Estos abonos tienen efectos más lentos que los fosfatos solubles, la lentitud del proceso de transformación en

fosfatos del suelo tiene la ventaja de que hace también más lenta la inmovilización.

Tisdale y Nelson (1982) reportan que la escoria de alto horno es un subproducto de la fabricación del hierro en lingotes. En la reducción de hierro el carbonato cálcico pierde su dióxido de carbono y el óxido calcico se combina entonces con la sílice molida para formar un residuo que es llevado fuera y enfriado al aire libre. El residuo Thomas es producido a partir de gangas de hierro ricas en fósforo, las impurezas en el hierro, incluyendo sílice y fósforo son fundidas con cal y llevadas al exterior, como escorias, es aplicado por su contenido de fósforo.

Bartolini (1989) cita que las escorias son insolubles en agua, pero solubles en ácidos débiles, por lo que ponen el P a disposición de las plantas y que además contienen óxidos de calcio.

Papadukis (1979) indica que los subproductos de fabricación de acero contienen 14-22 por ciento de fósforo (P_2O_5) y 45 por ciento de cal, además de otros nutrimentos, como magnesio, manganeso, cobre, cobalto, boro, molibdeno y que el 75 por ciento del fósforo es soluble en citrato de amonio.

Mench *et al* (1994) señalan que la adición de escorias básicas en tres suelos de Francia cultivados con ryegrass (*Lolium spp*) y tabaco (*Nicotiana*

tabacum L.) con altos contenidos de cadmio y plomo y encontraron que las escorias básicas disminuyen la disponibilidad de plomo. Este material sirve como una tecnología para remediar suelos contaminados con plomo.

Bekele y Hoefner (1993) estudiaron seis fuentes de fósforo en dos estaciones en Etiopía en los cultivos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y colza (*Brassica napus* L.) dentro de las fuentes de fósforo incluyeron la escoria básica y encontraron que el rendimiento y absorción de fósforo por ambos cultivos así como la disponibilidad de fósforo presentaron una marcada respuesta a la aplicación de varias fuentes de fósforo. La efectividad relativa agronómica más alta para ambos cultivos fue obtenida con escoria básica. En la colza el contenido de fósforo aumento de tres a cuatro por ciento.

Jiménez (1992) menciona que las escorias se utilizan :

- Mezcladas en suelos ácidos ricos en materia orgánica (norte de España) , y que al mezclarse con la escoria se eleva su pH y por otra parte, el Fe y Mn son movilizados por la sustancias húmicas.
- Mezcladas con sustratos de turba a la que aporta Ca, Mg, Fe, Mn. También mejoran las propiedades físicas de la turba rubia (porosidad y drenaje) y eleva su pH por un proceso de encalado debido a su contenido en CaO.

Papadukis (1979) menciona que la asimilabilidad de fósforo que contienen las escorias es comparable a la de los superfosfatos; aconseja

aplicarlos con anticipación a la siembra, en suelos ácidos, dando buenos resultados en tierras alcalinas. indica también que este producto no es ácido por lo que no daña a la semilla, cuando se colocan al surco.

Rahman *et al* (1991) indican que evaluaron los efectos del carbonato de calcio, escoria básica, óxido de manganeso y fósforo en la nutrición mineral y calidad del arroz en un suelo ácido en invernadero y encontraron que con 25 ton/ha de escoria básica se incrementó el contenido de proteína en el grano y nitrógeno en el contenido de la planta, pero la aplicación de estos productos disminuyen la concentración de Fe, Mg y Zn en los tejidos.

Bekele y Hoefner (1993) estudiaron diferentes fuentes de fósforo, entre ellas las escorias básicas en los cultivos de cebada y colza con suelos de pH 5.9 en Etiopía y encontraron que todas las fuentes de fósforo incrementan el rendimiento y absorción de fósforo en ambos cultivos y también la disponibilidad de fósforo en el suelo. Los rendimientos más altos se obtuvieron con las escorias básicas.

Kovacevic *et al* (1992) Señalan que trabajaron con fosfato crudo, superfosfato y escoria básica en el cultivo de maíz con niveles de 0, 450, 900 y 1350 kg/ha de pentóxido de fósforo y encontraron que de 1986 a 1988 la escoria básica incrementó el rendimiento en 15 por ciento comparado con los otros tratamientos, debido probablemente al contenido de microelementos y calcio.

Las escorias incrementaron el pH, el nivel alto de superfosfato duplican la disponibilidad de fósforo.

Cassanova *et al* (1993) citan que los efectos de roca fosfórica y escoria básica en las propiedades químicas del suelo y crecimiento de (*Brachiaria decumbens*) en Venezuela y encontraron que la mejor efectividad agronómica relativa se obtuvo con 600 kg/ha de escoria básica, el pH se incrementa de 5.2 a 6.2 así como la disponibilidad de fósforo y calcio.

Khalil y El-shinnawi (1989) mencionan que la relación de la disponibilidad del fósforo en fosfatos insolubles (escoria básica y roca fosfórica) durante la humificación de trébol en un suelo aluvial arcilloso (pH 7.9) fue estudiado con un contenido de 60 por ciento de agua y a 20°C y encontraron que el contenido de fósforo en sus dos formas en las sustancias húmicas fue más alto en presencia en la escoria básica que con la roca fosfórica.

Basak y Debnath (1986) reportaron que la efectividad relativa de roca fosfórica y escoria básica del fósforo extractable en agua y Bray 1 bajo dos regímenes de humedad en el oeste de Bengala, encontraron que solo las dosis altas de escoria básica y todas las dosis de superfosfato fueron efectivas en el incremento de fósforo extractable con Bray 1.

Debnath y Basak (1986) mencionan que la eficiencia de roca fosfórica (Purulia y Mussoorie) y escoria básica en el incremento de fósforo disponible en dos suelos ácidos bajo dos regímenes de humedad en incubación, en el orden de eficiencia fue primero la escoria básica. El incremento de fósforo disponible de todos los fertilizantes fue más efectivo en invierno que en verano.

Sustancias húmicas

Generalidades

Jiménez (1992) reporta que los productos orgánicos aportan nutrientes al suelo como consecuencia directa de su mineralización, sin embargo se da también una acción indirecta, debida a su capacidad de cambio y a la capacidad quelatante, aportada por las sustancias húmicas de estos productos orgánicos.

Buckman y Brady (1985) citan que cuando el humus coloidal se saturan con iones hidrógenos, el humus actúa como ácido ordinario reacciona con minerales del suelo (K, Ca, Mg), el humus realiza una transferencia de iones hidrogeno y las bases afectadas son liberadas y asimiladas por las plantas superiores.

El humus contiene alrededor de una tercera parte de ácidos húmicos y sustancias relacionadas, y dos terceras partes de huminas, o restos de materia

orgánica poco transformada. Solo una pequeña parte de las sustancias húmicas se encuentra libre, la mayoría está unida a las partículas de suelo. El nombre de ácidos, o sustancias húmicas es genérico para los materiales que se pueden extraer del suelo por varios extractantes y ser precipitados por ácido mineral diluido. Los principales ácidos húmicos son: ácido húmico, ácido fúlvico y ácido himatomelánico. Las sustancias húmicas comerciales se extraen principalmente de la leonardita, del lignito y de las turbas. El término de bioactivadores húmicos es porque su principal función agrícola es de estimular o activar el metabolismo vegetal (Narro, 1995).

Piccolo y Mbagwu (1994) mencionan que la conservación de los suelos en el trópico está influenciado por las prácticas de manejo que incluyen la adición de materia orgánica y agroquímicos que contengan surfactantes. En Nigeria, en un suelo Entisol se observaron cambios en la estabilidad estructural seguidas de la incorporación de ácidos húmicos, en el porcentaje de estabilidad de agregados se mejoró con el incremento de ácidos húmicos y sustancias surfactantes. Los ácidos húmicos también reducen significativamente la magnitud de desagregación causado por adiciones surfactantes no iónicos. En la microagregación la combinación de los ácidos húmicos y surfactantes no iónicos decrece significativamente el aumento de arcilla dispersable (se incrementa la estabilidad).

Donahue *et al* (1992) y Narro (1994) mencionan que la naturaleza del humus del suelo es extremadamente compleja y se pueden dividir, por su solubilidad, en ácido fúlvico, ácido húmico y humanas. Contiene otras sustancias específicas como son azúcares, ácidos nucleicos, fosfolípidos, vitaminas, sulfolípidos y polisacáridos, todas estas sustancias son complejos naturales de origen incierto. Estos pueden ser residuos de tejidos de plantas, sintetizados por microbios, o residuos de degradación microbial. El humus del suelo es continuamente cambiado, produciendo modificaciones en el complejo de la mezcla. Los grupos funcionales de el humus son:

- Carboxilo COOH (grupo ácido) al ionizarse el hidrógeno deja su sitio en la molécula cargado negativamente, con la posibilidad de atraer cationes.
- Hidroxilo fenólico. Anillo bencénico con radical -OH, que tiende a ionizarse y dejar un sitio con carga negativa.
- Amina: -NH₂ el nitrógeno con frecuencia se integra a estructuras orgánicas con tres enlaces covalentes entre átomos de carbono e hidrógeno.
- Grupos fenólicos, alcohólicos y cetónicos. Estructuras aromáticas comunmente sustituidas por grupos COOH y OH.

Kretzschmar *et al.* (1993) mencionan que en un estudio realizado en Carolina del Norte para caracterizar la mineralogía y la conducta del agua sobre la dispersión de arcillas finas en el horizonte Ap de un Ultisol, trataron las arcillas con sustancias orgánicas y óxidos de fierro. Al respecto soportan

fuertemente la hipótesis que las sustancias húmicas incrementan la estabilidad coloidal de arcillas finas en un suelo caolinítico.

Efectos de las sustancias húmicas

Edmond *et al.* (1984) mencionan que las partículas individuales del humus se encuentran en forma coloidal, son relativamente estables y tienen estrecha relación química con las lignoproteínas. Las partículas húmicas adsorben a las partículas de arcilla coloidal y forman un complejo coloidal húmico-arcilloso. Estas partículas tienen una gran superficie externa e interna, con cargas negativas que atraen a los iones con carga positiva, la mayoría esenciales para los cultivos como el calcio, potasio, magnesio, el amonio y otros.

Narro (1995) indica que principales efectos de las sustancias húmicas en las características químicas de los suelos agrícolas son las siguientes:

- Acidifican ligeramente y luego incrementa la acción buffer.
- Incrementan la capacidad de intercambio catiónico.
- Aumentan la disponibilidad de algunos nutrientes en el suelo.
- Aceleran la mineralización de nutrientes inmovilizados.

La acidez de un subsuelo es un serio problema en muchos suelos tropicales y subtropicales. La alta acidez, bajos contenidos de calcio y frecuentemente niveles tóxicos de aluminio soluble y/o intercambiable impide severamente el desarrollo de las plantas en estos suelos. Es bien conocido que las sustancias húmicas pueden movilizar y formar complejos con metales en suelos, se menciona que el calcio puede unirse con fulvatos y es altamente eficiente transportador de calcio en el perfil del suelo. Además, se encontró mejor resultado cuando se aplicaron calcio-fulvato a la superficie que cuando se aplicó el sulfato hidratado de calcio, calcio-EDTA, hidróxido de calcio o carbonato de calcio (Van der Watt *et al.*, 1991).

Narro (1995) menciona que dentro de los efectos favorables de las sustancias sobre características de plantas cultivadas sin limitaciones importantes de agua son:

- Incrementan la asimilación de nutrimentos vía radical y foliar.
- Mejoran el transporte de nutrimentos en la planta.
- Incrementa la producción de biomasa y crecimiento vegetal.
- El rendimiento se mejora y se mejora la calidad.

Materia Orgánica

La materia orgánica además de mejorar las propiedades físicas del suelo, actúa directamente sobre la regulación de los niveles de disponibilidad de nutrimentos principales y de elementos menores mediante la formación de sustancias orgánicas que constituyen compuestos solubles, no iónicos (compuestos internos) con cationes de valencia variable.

Los factores adversos que en ocasiones se encuentran en los suelos agrícolas, se han tratado de remediar mediante el uso de abonos orgánicos. El mayor de los beneficios que aporta la materia orgánica al suelo, es la formación de los ácidos húmicos.

La materia orgánica es una fuente de todos los elementos esenciales para la nutrición de la planta, así como de sustancias húmicas, que intervienen en la nutrición. También estos abonos incorporan en la nutrición de la planta reguladores del crecimiento y aminoácidos (Jiménez 1992).

Los residuos orgánicos afectan el potencial hidrógeno (pH) en base a la cantidad del humus que aportan al suelo y el tiempo de descomposición de éstos. Los residuos de las cosechas tienen poca cantidad de humus, en cambio el estiércol presenta mayor proporción durante el primer año después de su aplicación. El humus ya formado actúa como un ácido débilmente asociado y

tiene como principales componentes al ácido húmico y el ácido fúlvico, que se conocen como sustancias húmicas, las cuales acidifican en poco grado el medio y disminuyen después de un período de tiempo el pH del suelo en décimas, en base a la escala logarítmica (Flaig *et al.* 1977).

MacCarthy *et al.* (1990) mencionan que la materia orgánica es un importante constituyente de suelos, pone a disposición nutrimentos y energía para la biota, incrementa la capacidad de intercambio de iones y la capacidad buffer del suelo.

León y Aguilar, (1987) indican los siguientes efectos de la materia orgánica en el suelo:

Activación de los procesos microbianos.

Formación de agregados.

Mejora condiciones de aireación.

Incrementa la capacidad de retención de agua.

Regula la temperatura del suelo.

Retrasa la fijación de fosfatos sobre la porción mineral del suelo.

Suministro de productos de descomposición de materia orgánica que favorecen al cultivo.

Favorece el desarrollo del sistema radical.

Disminuye el flujo superficial del agua e indirectamente evita la erosión.

Diagnóstico Nutricional

Algunas técnicas para la evaluación del estado nutricional son (Howeler, 1983): experiencias de técnicos y productores, la sintomatología visual, el análisis de suelos, los experimentos de campo e invernadero, el análisis foliar, y análisis bioquímicos y fisiológicos.

Desviación del Porcentaje Optimo

La interpretación de análisis de plantas basado en un nuevo índice es propuesto por Montañés *et al.* (1993) con el objetivo de introducir un nuevo índice como una metodología alternativa para la interpretación del análisis mineral de las plantas. Para calcular los índices se aplica la siguiente fórmula general:

$$DOP = [(C \times 100) / C_{ref}] - 100$$

Donde:

DOP = Desviación del Porcentaje Optimo.

C = Concentración del elemento, resultado del análisis de tejido.

C_{ref} = Concentración óptima del nutrimento, propuestos para el cultivo en referencia.

El valor absoluto del índice DOP indica la importancia de la severidad de una situación anómala.

Cuando el elemento se encuentra en una concentración óptima el DOP para ese elemento es igual a cero.

Cuando el DOP es negativo indica déficit del elemento y positivo indica exceso.

Los índices de la Desviación del Porcentaje Optimo (DOP) se definen como la desviación del porcentaje de la concentración de un elemento (por ciento basado en materia seca) con respecto a la concentración óptima tomado de los valores de referencia.

Montañés *et al.* (1993) indica que comparó el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) y la Desviación del Porcentaje Optimo (DOP) en cultivos como maíz, soya, sorgo, alfalfa trabajos donde se aplicó el sistema DRIS y encontró el mismo orden de requerimiento con ambos sistemas y concluye que el DOP puede ser aplicado a cualquier cultivo, presenta índices de déficit o exceso y nivel óptimo y permite conocer el orden en que un elemento limita el rendimiento.

Agronomía del cultivo

Persons (1991) menciona el frijol se desarrolla bien en regiones templadas y tropicales con lluvias abundantes, (1000 a 1500 mm anuales). Esta especie no es resistente a las heladas. En cuanto a suelos prosperan bien en suelos fértiles de textura franco limosa a ligeramente arenosa. Deben ser profundos y bien drenados. El frijol crece bien en suelos con un pH entre 5.5 a 6.5. En suelos con alto contenido de materia orgánica pueden favorecer un excesivo crecimiento vegetativo de la planta, en perjuicio de la producción de semilla o vainas.

El INIA, (1977) menciona que el frijol se adapta bien en suelos ligeros y de buen drenaje, asimismo, que se debe evitar los terrenos muy desnivelados o con problemas de sales ya que el frijol es muy susceptible a la salinidad y a los excesos de humedad. Así mismo menciona que en la mayor parte de los suelos el frijol responde positivamente a la aplicación de fertilizante con dosis de 40-40-00. Sin embargo no se puede generalizar las recomendaciones sobre este aspecto, se señalan recomendaciones basadas en datos obtenidos por técnicos del Departamento de Suelos del INIA. las cuales se dan por zonas geográficas.

En la zona temporalera de Zacatecas (cuya precipitación pluvial va de 300 a 500 mm anuales) donde predominan suelos rojizos y café obscuro con texturas pesadas, deficientes en materia orgánica y nitrógeno con un regular abastecimiento de fósforo aprovechable y satisfactorios contenidos de potasio asimilable, es conveniente fertilizar el frijol con la dosis 40-50-00. Esta aplicación propicia un aumento medio de rendimiento de 0.3 toneladas por hectárea.

En la zona temporalera de Durango con precipitación pluvial de 400 a 600 mm anuales, donde predominan los suelos café-rojizos que presentan deficiencias de materia orgánica y nitrógeno, con regular contenido de fósforo aprovechable y contenido satisfactorio de potasio disponible, es conveniente fertilizar con la dosis 30-60-00 con la cual se obtiene un incremento medio de 0.35 ton/ha.

Componentes de rendimiento

Aguilar (1986) señaló que en relación a los componentes del rendimiento LEF-I-RB (línea experimental de frijol común) presentó los valores promedios para la producción de semillas por vaina y para el peso de la semilla en todas las condiciones de humedad, sin embargo, en lo que respecta a la producción de vainas por planta, manifestó una tendencia a presentar promedios más bajos.

Díaz (1974) al llevar a cabo un estudio preliminar sobre algunos componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en cuatro variedades de frijol, encontró que en variedades de semiguía la densidad de siembra afectó significativamente a los caracteres: número de racimos por planta, número promedio de semillas por planta, mientras que el promedio de las semillas por vaina no se vio afectada, así mismo, se encontró que el rendimiento se correlaciona positivamente con la materia seca total de la planta, el área foliar, el número de vainas por planta, el promedio de semillas por vaina y el tamaño de la semilla.

Salinas (1982) indica que en muchas leguminosas de grano el rendimiento por planta puede considerarse como el producto del número de vainas por planta, semillas por vaina y peso medio de una semilla, en frijol, se ha identificado el número de vainas por planta y semillas por vaina como los principales componentes morfológicos que determinan el rendimiento. Los componentes se pueden definir como los factores morfológicos que directa o indirectamente influyen en el rendimiento.

Correlaciones

Sánchez (1981) al realizar un estudio de parámetros de estabilidad en el frijol, calculó correlaciones positivas y significativas del rendimiento por

hectárea con peso de 100 semillas, rendimiento por planta y número de semillas por vaina.

Kambal (1969) estudió los componentes de rendimiento en una variedad local de frijol de campo (Baladi) y dos variedades egipcias (Rebeya 40 y Giza 1), encontrando que los caracteres mas estrechamente asociados con rendimiento en las tres variedades fueron: número de semillas y vainas por planta. Comenta que la alta correlación con número de vaina por planta es de interés para el mejorador, porque la determinación de este carácter en el campo es relativamente fácil.

Salinas (1982) reporta que en ciertos experimentos se han presentado correlaciones significativas del rendimiento con diferentes características, sin embargo, su poca repetibilidad en experimentos y su manifestación en forma de correlaciones negativas y positivas no permite hacer una consideración definitiva acerca de su influencia sobre dicho carácter entre las características que caen en esta última categoría se encuentra el peso de 100 semillas, la longitud de vaina, los días a floración, el área foliar, el peso de la planta y la altura.

Duarte y Adams (1972) en un experimento de selección recurrente, estudiaron en familias F3 y F4 de frijol los efectos directos e indirectos del número hojas y tamaño de hojas sobre el número de vainas por planta, número

de semillas por vaina y peso de semilla y de estos componentes sobre rendimiento.

Los principales descubrimientos fueron:

- a) Vainas por planta, ejerce un predominante efecto sobre rendimiento en todos los grupos de familias estudiadas.
- b) En aquellas familias donde se había seleccionado con respecto a número de semillas por vaina y peso de semilla, estos componentes también fueron los más importantes en la determinación del rendimiento.
- c) Número y tamaño de hojas están altamente asociadas con número de vainas por planta y tamaño de semilla.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del sitio experimental

El trabajo se realizó en el ciclo agrícola primavera - verano 1995 en el Campo Agrícola Experimental "Ing. Humberto Treviño Siller" perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Navidad, Nuevo León, con las coordenadas geográficas de 25°02'20" de latitud norte, 100°37'30" de longitud Oeste de Greenwich y una altitud media de 1885 m.s.n.m.

El Campo Experimental se localiza a la altura del kilómetro 84 tramo Saltillo - Matehuala en la carretera 57 (México - Piedras Negras) Figura 3.1.

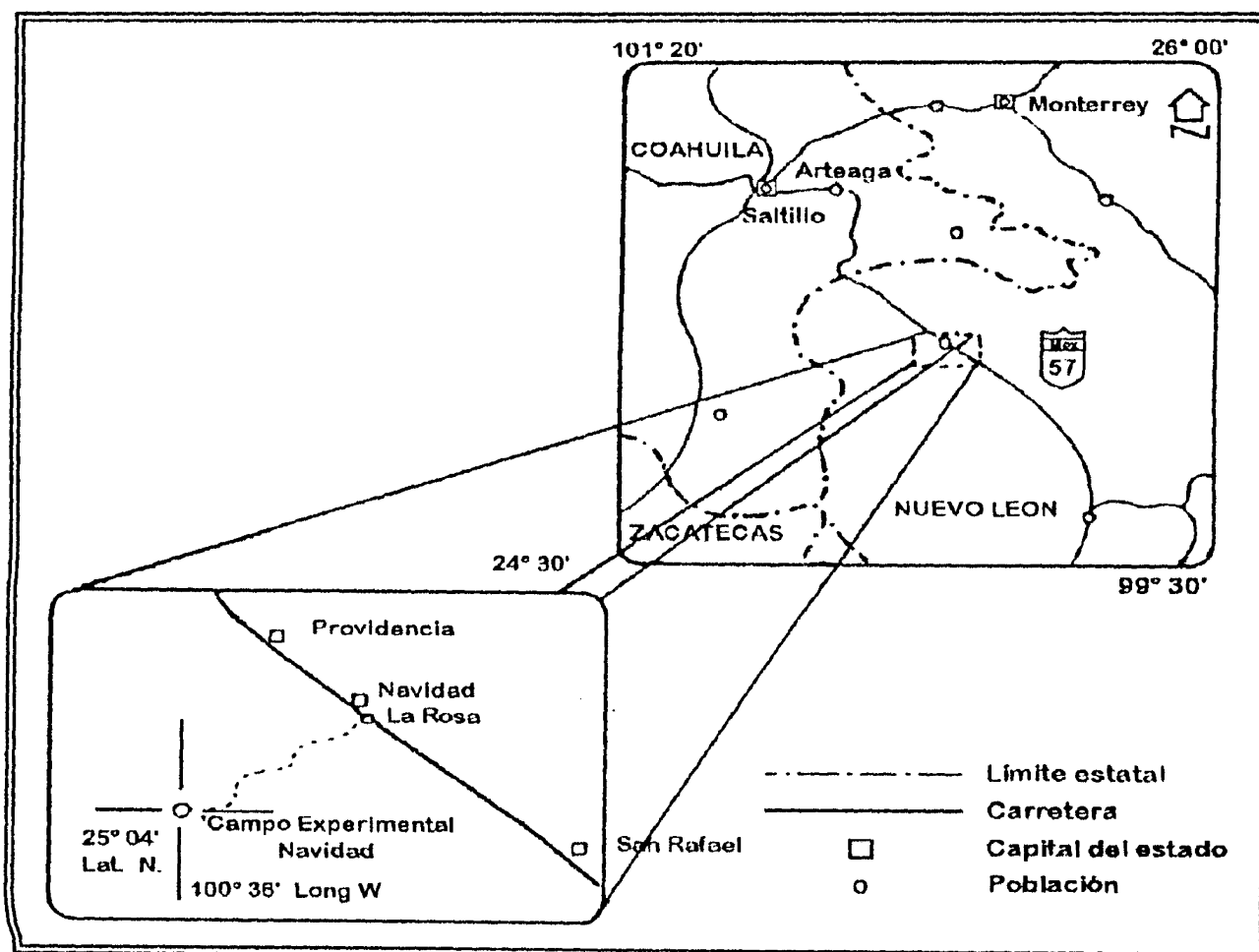


Figura 3.1 Localización geográfica del Campo agrícola experimental " Ing. Humberto Treviño Siller ". Navidad, N. L.

Clima

De acuerdo con la clasificación realizada por Koppen, modificada por Enriqueta García, corresponde para el área de estudio de este trabajo BS₁ k x'(e') que corresponde al grupo clima semiseco, templado, muy extremoso, con lluvias todo el año.

En resumen las condiciones de temperatura, lluvia y evaporación que se presentaron durante la etapa de desarrollo del cultivo de frijol se muestra en el Cuadro 3.1

Cuadro 3.1 Resumen de temperatura, lluvia y evaporación durante el desarrollo del cultivo de frijol. Navidad, N. L. 1995.

Meses	Temperatura (°C)			Lluvia (mm)	Evaporación (mm)
	Máx.	Min.	Media	Total	Total
Abril	27.3			5.0	67.40
Mayo	30.4	3.6	17.0	52.0	207.45
Junio	29.3	8.7	18.9	11.0	93.10
Julio	27.9	10.0	19.0	31.0	151.98
Agosto	29.5	14.6	22.0	86.0	201.82
Septiembre	27.9	10.9	19.4	37.0	137.69

FUENTE: Departamento de Agrometeorología UAAAN

Suelo

El suelo que presenta esta región es descrita (Romo, 1955) como un suelo de reacción alcalina, es decir con pH pocas veces menor al 7.5 con alto contenido de carbonatos, principalmente de calcio y muy pocas veces

carbonatos de sodio, siendo este del 50 por ciento en esta región, posee bajo contenido de materia orgánica, son pobres en nitrógeno total y muy bajos en fósforo, con suficiente potasio intercambiable, pero muy bajos en fierro aprovechable y magnesio intercambiable, con una capacidad de intercambio cationico mediana.

los resultados del análisis físico-químico del suelo a la profundidad de 0-30 cm del muestreo realizado antes de la aplicación de los tratamientos se presentan en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Análisis físico-químicas del suelo a la profundidad de 0-30 cm antes de la aplicación de los tratamientos. Navidad, N. L. 1995.

Características	Método de obtención	Unidades	Valor obtenido.	
Densidad aparente	Probeta	(g/cm ³)	1.06	
Arena	Hidrómetro	(%)	39.96	
Limo	Hidrómetro	(%)	16.81	
Arcilla	Hidrómetro	(%)	46.24	
Textura	Triángulo de texturas	USDA	Arcillosa	
Capacidad de campo	Ollas de presión	(%)	33.12	
P.M.P.	Calculado	(%)	16.57	
Conductividad eléctrica	Puente de Wheastone	(dS/m)	2.52	Libre
Materia orgánica	Walkley/Black	(%)	2.27	Mdmte. rico
Carbonatos totales	NaOH 1N	(%)	87.73	Muy alto
Reacción del suelo	Potenciómetro	pH	7.88	Alcalino débil
Nitrógeno total	Calculado	(%)	0.24	Bajo
Fósforo extractable	Volumétrico	(%)	0.09	Bajo
Potasio intercambiable	Espectrofotometría	(%)	0.32	Alto
Calcio	Gravimétrico	(%)	23.99	Alto
Magnesio	Gravimétrico	(%)	1.56	Alto
Manganeso	Espectrofotometria	(ppm)	250	Alto
Fierro	Espectrofotometria	(ppm)	20800	Alto
Zinc	Espectrofotometria	(ppm)	100	Alto
Sodio	Espectrofotometria	(ppm)	740	
Aluminio	Espectrofotometria	(ppm)	21300	
Silicio	Espectrofotometria	(ppm)	159100	

Agua de Riego

El agua utilizada para el riego proviene de mantos acuíferos subterráneos y se extrae con bombas eléctricas, se conduce por tubería, hasta el sitio experimental, distribuyéndose mediante un sistema de riego por aspersión. De acuerdo con la clasificación del laboratorio de salinidad de los Estados Unidos (1962) esta agua está considerada de calidad condicionada ($C_3 S_1$) que contiene alta salinidad del agua y bajo contenido de sodio .

El Cuadro 3.3 muestra resultados obtenidos del agua de riego del Campo Experimental de Navidad, N. L.

Cuadro 3.3 Análisis de agua de riego. Navidad, N. L. 1995.

Características	Método de obtención	Unidades	Valor
C.E.	Conductivímetro	dS/m	1.2
pH	Potenciómetro		6.85
Bicarbonatos	Titulación	meq/l	5.1
Carbonatos	Titulación	meq/l	0.1
Cloruros	Titulación	meq/l	4.5
Sulfatos	Titulación	meq/l	1.3
Calcio	Titulación	meq/l	5.0
Magnesio	Titulación	meq/l	6.1
Sodio	Titulación	meq/l	1.02
Potasio	Titulación	meq/l	0.065
Salinidad efectiva		meq/l	5.8
Salinidad potencial		meq/l	5.9
RAS			0.43

Estiércol

El estiércol utilizado es de ganado ovino con edad promedio de 3 - 5 años; la alimentación de este ganado fue a base de pastoreo de la región, fue aplicado con dosis de dos ton/ha a los tratamientos estudiados. Este material fue recolectado de la región de Huachichil, Arteaga, Coahuila.

Tratamientos

El estudio se realizó bajo la combinación de tres factores, estos factores fueron: tipos de escoria, bioactivador húmico y estiércol ovino.

Las escorias se utilizaron como fuente de nutrimentos y modificadoras de las características físicas y químicas, el bioactivador húmico fue utilizado para incrementar la disponibilidad de nutrimentos y como mejorador indirecto de las características del suelo y el estiércol ovino se utilizó como mejorador de las características físicas y químicas del suelo. Se aplicaron al suelo en banda a un lado de la línea de siembra y a una profundidad de cinco cm en forma manual. En el Cuadro 3.5 se muestran los tratamientos estudiados.

Cuadro 3.5 Tratamientos estudiados. Navidad, N. L. 1995.

Clave	a	b	c	kg / ha	kg / ha	ton / ha
1	E ₀ H ₀ S ₀	-	-	0	0	0
2	E ₀ H ₀ S ₁	-	-	Estiércol	0	2
3	E ₀ H ₁ S ₀	-	Húmicos	-	0	5
4	E ₀ H ₁ S ₁	-	Húmicos	Estiércol	0	5
5	E ₁ H ₀ S ₀	Escoria Bof	-	-	500	0
6	E ₁ H ₀ S ₁	Escoria Bof	-	Estiércol	500	0
7	E ₁ H ₁ S ₀	Escoria Bof	Húmicos	-	500	5
8	E ₁ H ₁ S ₁	Escoria Bof	Húmicos	Estiércol	500	5
9	E ₂ H ₀ S ₀	Lodo Bof	-	-	500	0
10	E ₂ H ₀ S ₁	Lodo Bof	-	Estiércol	500	0
11	E ₂ H ₁ S ₀	Lodo Bof	Húmicos	-	500	5
12	E ₂ H ₁ S ₁	Lodo Bof	Húmicos	Estiércol	500	5
13	E ₃ H ₀ S ₀	Polvo colector	-	-	500	0
14	E ₃ H ₀ S ₁	Polvo colector	-	Estiércol	500	0
15	E ₃ H ₁ S ₀	Polvo colector	Húmicos	-	500	5
16	E ₃ H ₁ S ₁	Polvo colector	Húmicos	Estiércol	500	5

Diseño experimental y distribución de los tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, los tratamientos se obtienen de un factorial 4 x 2 x 2, resultando 16 tratamientos, con un total de 64 unidades experimentales. La unidad experimental fue de cuatro surcos a 0.80 metros de separación por 5 metros de largo, con una superficie de 16.0 m². Se sembraron ocho bloques, con una superficie total del experimento de 1024 m². En cada repetición se aleatorizaron los 16 tratamientos resultantes del factorial 4 x 2 x 2. En la Figura 3.2 se muestra la distribución que tuvieron los tratamientos en el campo.

ΣN							
Repetición IV							
7	4	11	2	12	14	3	16
8	10	5	9	6	13	1	15
Repetición III							
4	2	9	13	12	15	3	14
10	16	7	5	8	6	1	11
Repetición II							
15	5	9	14	7	2	12	16
6	8	4	10	3	11	13	1
Repetición I							
16	12	15	8	6	1	3	9
14	10	7	11	2	4	5	13

Figura 3.2 Distribución de los tratamientos en campo. Navidad, N. L. 1995.

El modelo estadístico empleado fue el siguiente.

$$Y_{ijkl} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \gamma_l + (\alpha\gamma)_{jl} + (\beta\gamma)_{kl} + (\alpha\beta\gamma)_{jkl} + E_{ijkl}$$

$$\begin{aligned} i &= 1 \dots, r \\ j &= 1 \dots, a \\ k &= 1 \dots, b \\ l &= 1 \dots, c \end{aligned}$$

Ostle (1988).

La prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) fue utilizada para realizar la comparación entre medias de tratamientos cuando así fue requerido. Así mismo fueron realizadas correlaciones fenotípicas entre las variables agronómicas.

Preparación del terreno

Las labores de preparación del terreno se iniciaron en el mes de febrero de 1995, estas labores consistieron en un subsuelo a una profundidad de 80 cm, un barbecho cruzado con arado de vertedera o reja a una profundidad de 40 cm con la finalidad de incorporar los residuos del cultivo de maíz de ciclo anterior y un paso de rastra, esto con la finalidad de dar buena aireación al suelo y dejar una cama suave, así como también para el control de plagas y enfermedades que pueden permanecer en el suelo.

Semilla

La semilla utilizada fue la línea Nav -1165 Individual (tipo pinto americano), con hábito III de crecimiento. Línea experimental obtenida y proporcionada por la sección de frijol de la UAAAN, dicho material está adaptada específicamente para la región de Navidad, Nuevo León, por ser tolerante a la clorosis férrica, con un ciclo de 150 días a cosecha.

Siembra

La siembra se realizó en forma mecánica el 20 de abril de 1995, con una sembradora MP 25, calibrada previamente para depositar 200 semillas en

17.5 metros de longitud, lo cual corresponde a una densidad de población de 110 mil plantas/ha. (35 kg/ha) a una profundidad de 8 cm.

Fertilización

Se realizó al momento de la siembra . La dosis utilizada en este trabajo fue la 70 - 70 - 40, recomendada para esta región. Esta se aplicó a un costado de la línea de siembra con el implemento sembradora fertilizadora MP 25.

Las fuentes de material fertilizante utilizado en el experimento fueron:

Sulfato de amonio	(20.5 % de nitrógeno)
Fosfato monoamónico (MAP)	(11 - 52 - 00)
Sulfato de potasio	(50 % de K_2O)

Se utilizó las algaenzimas que son obtenidas del extracto de algas marinas las cuales se aplicaron en forma general a todas las parcelas con dosis de 2.5 lt/ha, para eficientar los fertilizantes y materiales utilizados en este experimento, estas se aplicaron a los 13 días después de la siembra con mochila aspersora, cubriendo los materiales en estudio que fueron depositados en banda.

Aplicación de tratamientos

Se realizaron los cálculos de escorias, húmicos y estiércol ovino, estas se pesaron en balanza analítica y se embolsaron por unidad experimental y se trasladó al terreno para su aplicación.

Las unidades experimentales se delimitaron y se procedió a aplicar cada material, la aplicación se efectuó a los 13 días después de la siembra; se depositó a un costado del hilo de siembra a una profundidad de 5 cm, posteriormente se tapó con una capa de suelo.

Riegos

Se dio un riego de presembrado a los 10 días y posteriormente se aplicaron cuatro riegos de auxilio distribuidos durante el ciclo del cultivo (riego por aspersión).

Labores de cultivo

Labores culturales. Después de la aplicación de cada riego se realizó una escarda, dándose un total de tres.

Deshierbes. Se realizaron dos deshierbes manuales.

Plagas y enfermedades. La plaga que se presentó fue la Conchuela (*Epilachna varivestis* Muls.) se controló con Metasistox en dosis de 1.0 lt/ha. La enfermedad que se presentó fue Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en un grado de infestación bajo y al final del ciclo, por lo que no hubo necesidad de controlarla.

Cosecha

Se realizó el 25 de septiembre de 1995, en forma manual. Se tomaron 5 metros lineales como parcela útil.

Características medidas en el suelo

Al suelo se realizaron tres muestreos, el primero de manera general antes de la siembra y los siguientes a la mitad y final del ciclo vegetativo, a una profundidad de 0-30 cm.

Los análisis se hicieron por parcela experimental. Las características analizadas fueron densidad aparente, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbonatos totales, reacción del suelo (pH), N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn.

Análisis foliar

En la etapa de floración (75 días después de la siembra) se cortaron hojas sanas y fotosintéticamente activas; de cada unidad experimental se tomó una muestra, trasladándose en bolsas de plástico y se sometieron al siguiente proceso: primero lavarlas con agua corriente, después con agua en detergente libre de fósforo al uno por ciento, en agua con ácido clorhídrico al 0.1 por ciento y finalmente con agua destilada. Después de lavadas se colocaron en bolsas de papel en la estufa a 65°C durante 24 horas. Posteriormente se molieron finamente y se colocaron en bolsas de plástico selladas y se trasladaron al laboratorio de AHMSA, Monclova, Coahuila y por medio del espectrofotómetro de absorción atómica determinar fierro, zinc, potasio, por vía húmeda método gravimétrico calcio, magnesio y por vía húmeda método volumétrico fósforo.

Diagnóstico Nutricional

Para el diagnóstico nutricional, se utilizó la metodología del nuevo Índice: Desviación del porcentaje óptimo (DOP) propuesto por Montañes *et al.*, (1993). Donde para calcular los índices se aplica la siguiente fórmula:

$$DOP = [(C \times 100) / C_{ref}] - 100$$

Donde:

DOP = Desviación del Porcentaje Optimo.

C = Concentración del elemento, resultado del análisis de tejido.

Cref = Concentración óptima del nutrimento, propuestos para el cultivo en referencia.

El valor absoluto del índice DOP indica la importancia de la severidad de una situación anómala.

Cuando el elemento se encuentra en una concentración óptima el DOP para ese elemento es igual a cero.

Cuando el DOP es negativo indica déficit del elemento y positivo indica exceso.

Los índices de la Desviación del Porcentaje Optimo (DOP) se definen como la desviación del porcentaje de la concentración de un elemento (por ciento basado en materia seca) con respecto a la concentración óptima tomado de los valores de referencia.

Características medidas en planta

Para evaluar la respuesta de la planta a los tratamientos se procedió a extraer el día 25 de septiembre de 1995 cinco plantas al azar por parcela útil, se depositaron en bolsas de papel y se trasladaron a la Sección Frijol de la UAAAN, donde se evaluaron las siguientes características agronómicas:

Vainas por planta, Semillas por planta, Semillas por vaina y Rendimiento por planta:

Las variables por planta se tomaron en base a la media de cinco tomadas al azar de cada parcela.

Rendimiento por hectárea

Este fue obtenido transformando el producto de la parcela útil multiplicado por un factor de conversión.

Peso de 100 semillas

Se determino en 100 semillas tomadas al azar de cada una de las parcelas útiles.

Biomasa

Se realizaron tres muestreos para producción de biomasa por planta (considerando solamente estructura aérea) estos muestreos fueron hechos a los 75, 114 y 135 días después de la siembra, correspondiendo a las siguientes etapas fenológicas inicio de floración, llenado de vaina y término de floración, basados en cuatro plantas al azar de los surcos laterales en los primeros dos muestreos y tres en el último.

RESULTADOS Y DISCUSION

Características Físicas y Químicas del Suelo

Los resultados obtenidos para cada una de las variables evaluadas en el suelo se presentan a continuación:

Densidad aparente (Da)

En el Cuadro 4.1 se presentan los valores promedio por tratamiento de densidad aparente en tres mediciones durante el desarrollo del experimento. Los valores de densidad aparente a los 75 días son inferiores a los obtenidos en el muestreo inicial y mayores que el testigo (EoHoSo), el valor más bajo se obtiene en el tratamiento E2HoS1 (Lodo bof + Estiércol). Al final del experimento (150 días) los valores de densidad aparente son igual y en la mayoría de los casos superan al valor inicial, así mismo, todos superan al testigo (EoHoSo). En la Figura 4.1 se observa el comportamiento de los diferentes tipos de escorias sobre la densidad aparente en función del tiempo y todas las escorias incrementaron el valor de densidad aparente al final y en mayor proporción el tratamiento E1HoSo (Escoria bof).

En relación a las interacciones entre los tratamientos se encontró que los valores más bajos en densidad aparente se obtienen en el E2H1So (Lodo bof + Húmico) 1.06 g/cm^3 y el E1H1S1 (Escoria bof + Húmico + Estiércol) con el mismo valor, ambos superando al EoHoSo (testigo).

Cuadro 4.1 Promedios de D_a (g/cm^3) evaluadas a inicio, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Inicio	75	150
EoHoSo	1.06	1.02	1.05
EoHoS1	1.06	1.04	1.07
EoH1So	1.06	1.02	1.07
EoH1S1	1.06	1.05	1.07
E1HoSo	1.06	1.02	1.08
E1HoS1	1.06	1.02	1.07
E1H1So	1.06	1.02	1.07
E1H1S1	1.06	1.03	1.06
E2HoSo	1.06	1.03	1.06
E2HoS1	1.06	1.01	1.07
E2H1So	1.06	1.04	1.06
E2H1S1	1.06	1.05	1.08
E3HoSo	1.06	1.04	1.07
E3HoS1	1.06	1.03	1.08
E3H1So	1.06	1.03	1.07
E3H1S1	1.06	1.03	1.08

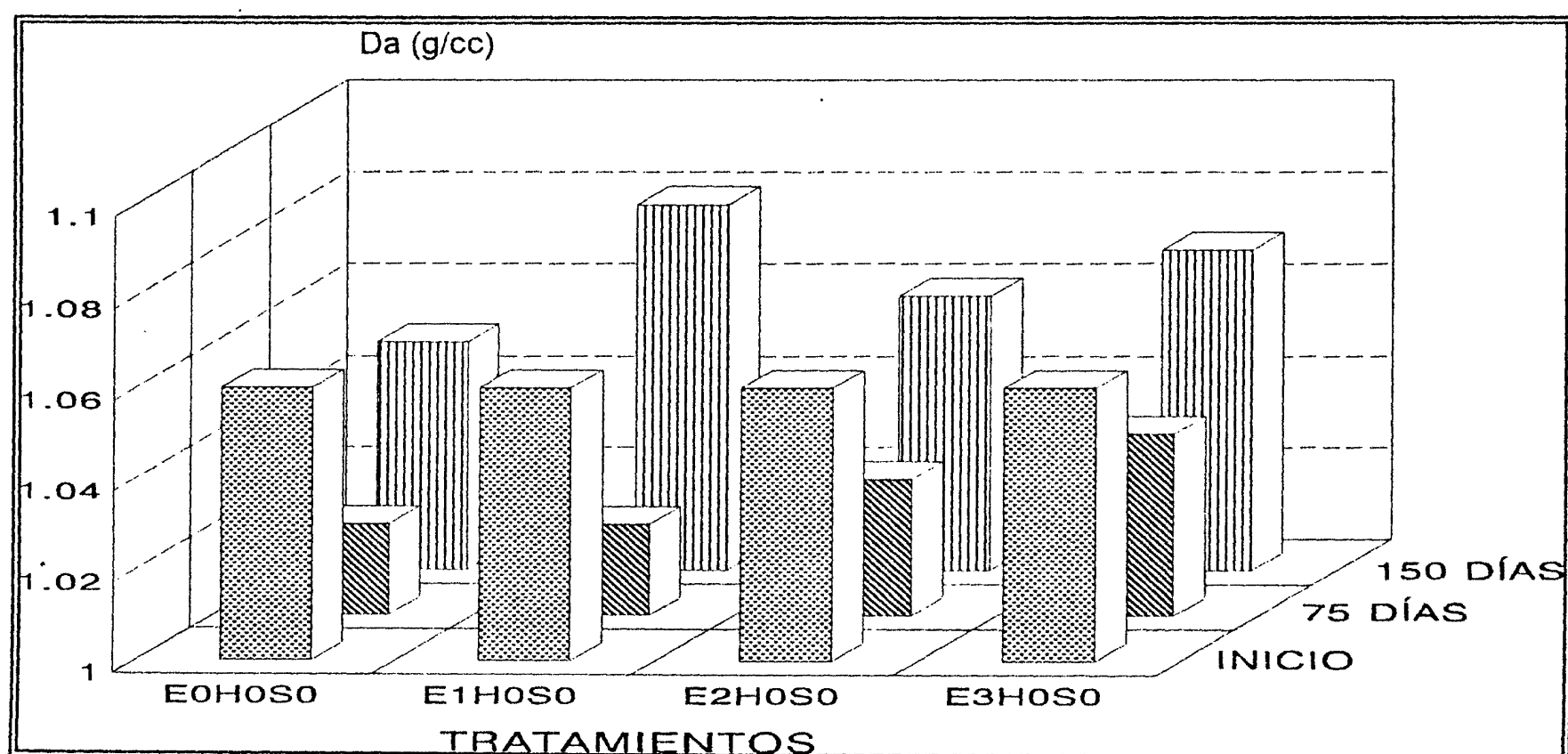


Figura 4.1 Comportamiento de las diferentes tipos de escorias en función del tiempo sobre la densidad aparente en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.

De acuerdo con el ANVA realizado no se encontró diferencia estadística significativa para la fuente de variación, indicándonos lo anterior la inexistencia de efectos por la aplicación de los tratamientos (Cuadro A.6 y A.12).

En relación a lo anterior Tarchitzki y Banin, (1993) y Kretzschmar *et al.* (1993) indican que las sustancias húmicas son importantes factores en la asociación de partículas en el suelo e incrementan la estabilidad coloidal de arcillas finas. Por otra parte Narro (1995) menciona que uno de los efectos de las sustancias húmicas es reducir la densidad aparente y de partículas sólidas. En el presente trabajo las escorias incrementaron la densidad aparente, al respecto Jiménez (1992) menciona que las escorias presentan cierta porosidad y capacidad de retención de humedad, pero en general son residuos sólidos.

Las escorias incrementan la densidad aparente en mayor proporción que cuando se aplican combinadas con materiales orgánicos al suelo (Cuadro 4.1), con esto nos modifica otras características físicas del suelo.

Materia orgánica (M.O.)

En el Cuadro 4.2 se presentan los valores promedio por tratamiento del contenido de materia orgánica al inicio, 75 y 150 días después de la siembra, a los 75 días se observa una ligera disminución en relación al valor inicial y todos mayores que el testigo (EoHoSo). En los tratamientos E1HoS1

(Escoria bof + Estiércol), E2H1S1 (Lodo bof + Húmico + Estiércol), E3H1So (Polvo colector + Húmico) se obtienen los valores más altos con 2.42, 2.35 y 2.32 respectivamente.

En el Cuadro 4.2 se presentan las medias por tratamiento en el cual se observa que cuando se aplica Estiércol a Escoria bof con o sin húmico el porcentaje de materia orgánica disminuye.

A los 150 días la Escoria bof individual y con interacciones con húmico y estiércol presentan los valores más altos de materia orgánica, que el Polvo colector y Lodo bof individuales y sus interacciones (Figura 4.2).

Cuadro 4.2 Promedios de M.O. (%) evaluadas a Inicio, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Inicio	75	150
EoHoSo	2.27	2.13	2.49
EoHoS1	2.27	2.23	2.63
EoH1So	2.27	2.26	2.52
EoH1S1	2.27	2.31	2.58
E1HoSo	2.27	2.19	2.65
E1HoS1	2.27	2.42	2.63
E1H1So	2.27	2.23	2.73
E1H1S1	2.27	2.26	2.49
E2HoSo	2.27	2.31	2.53
E2HoS1	2.27	2.20	2.67
E2H1So	2.27	2.16	2.64
E2H1S1	2.27	2.35	2.36
E3HoSo	2.27	2.25	2.38
E3HoS1	2.27	2.23	2.59
E3H1So	2.27	2.32	2.21
E3H1S1	2.27	2.25	2.45

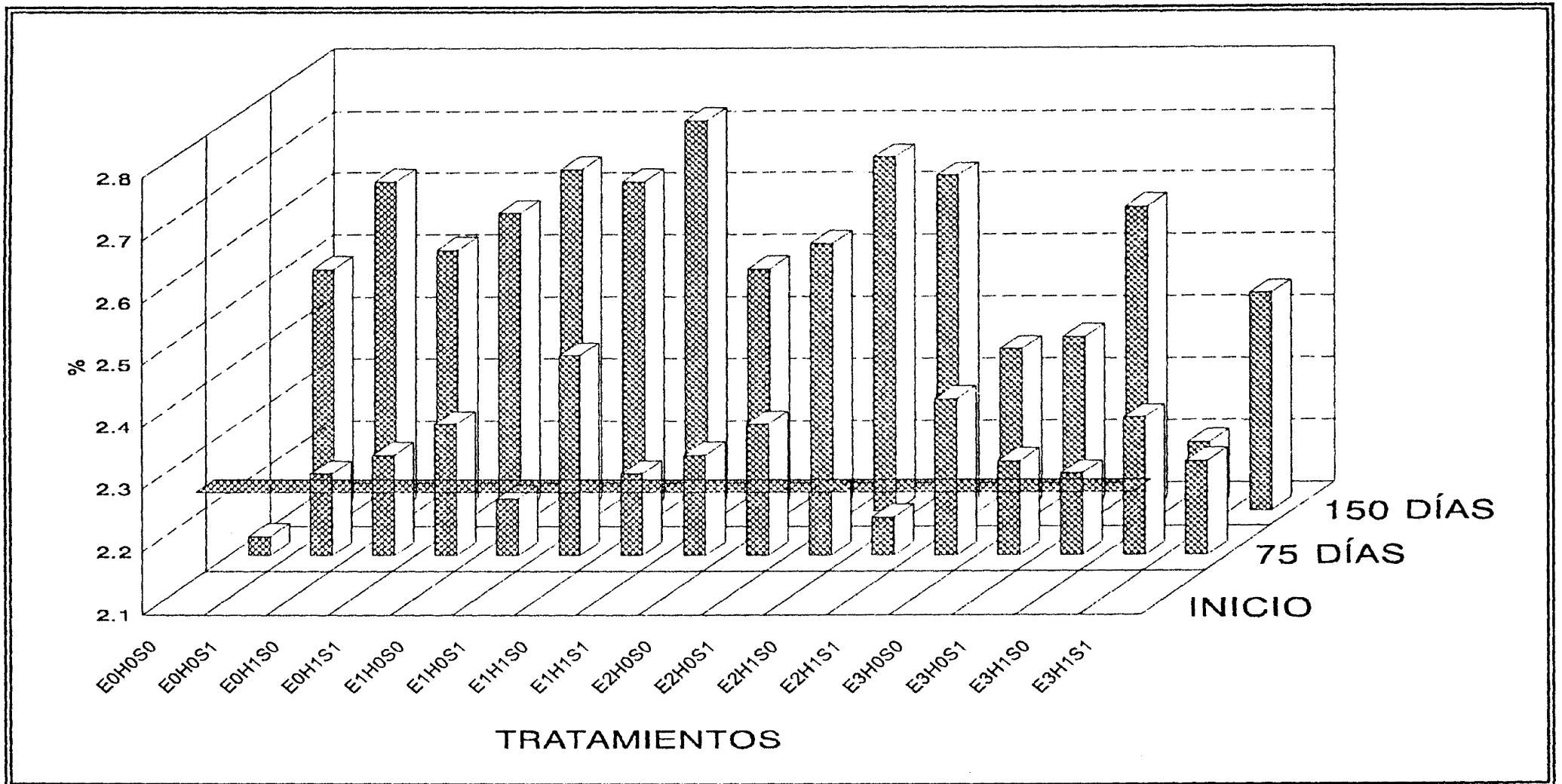


Figura 4.2 Comportamiento de los tratamientos en función del tiempo sobre la Materia orgánica en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.

No se encontró diferencia estadística significativa (Cuadro A.6 y A.12), pero en el cuadro de medias se observa que los valores más altos se obtienen con la presencia de húmico, estiércol y Escoria bof individual y combinada con los anteriores factores estudiados.

Los resultados del presente trabajo coinciden con los resultados de Vaughan *et al.* (1981) quienes mencionan que la materia orgánica es el resultado de la degradación química y biológica de residuos de plantas y animales que influyen en el crecimiento de las plantas. Por otra parte Buckman y Brady (1985) mencionan que la fuente originaria de la materia orgánica del suelo es el tejido vegetal que proveen grandes cantidades de residuos orgánicos. Al respecto Narro (1995) menciona que las sustancias húmicas

reducen la resistencia a la penetración de raíces lo que mejora la abundancia de raíces en el suelo. Lo anterior permite incrementar el desarrollo de raíces que al descomponerse incrementan la materia orgánica para mejorar los suelos agrícolas en beneficio de los cultivos.

Carbonatos totales (CO₃)

En el Cuadro 4.3 se presentan los valores promedio por tratamiento de carbonatos totales al inicio, 75 y 150 días después de la siembra. A los 75 días se observa una tendencia general a la disminución de carbonatos con respecto a los presentes en el muestreo inicial, esta tendencia a disminuir conforme avanza el tiempo de aplicación de los tratamientos es en todos los casos siendo más considerable esta disminución en el testigo (Figura 4.3) por lo que se puede pensar en un efecto del cultivo.

Cuadro 4.3 Promedios de CO₃ (%) evaluadas a Inicio, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Inicio	75	150
EoHoSo	87.73	85.95	79.56
EoHoS1	87.73	86.30	81.79
EoH1So	87.73	86.25	82.43
EoH1S1	87.73	86.79	81.84
E1HoSo	87.73	85.85	82.63
E1HoS1	87.73	86.79	82.84
E1H1So	87.73	86.20	80.01
E1H1S1	87.73	87.09	82.64
E2HoSo	87.73	86.84	82.28
E2HoS1	87.73	86.29	82.59
E2H1So	87.73	86.35	82.19
E2H1S1	87.73	86.74	80.85
E3HoSo	87.73	87.09	81.39
E3HoS1	87.73	85.70	82.58
E3H1So	87.73	87.14	80.80
E3H1S1	87.73	85.90	80.50

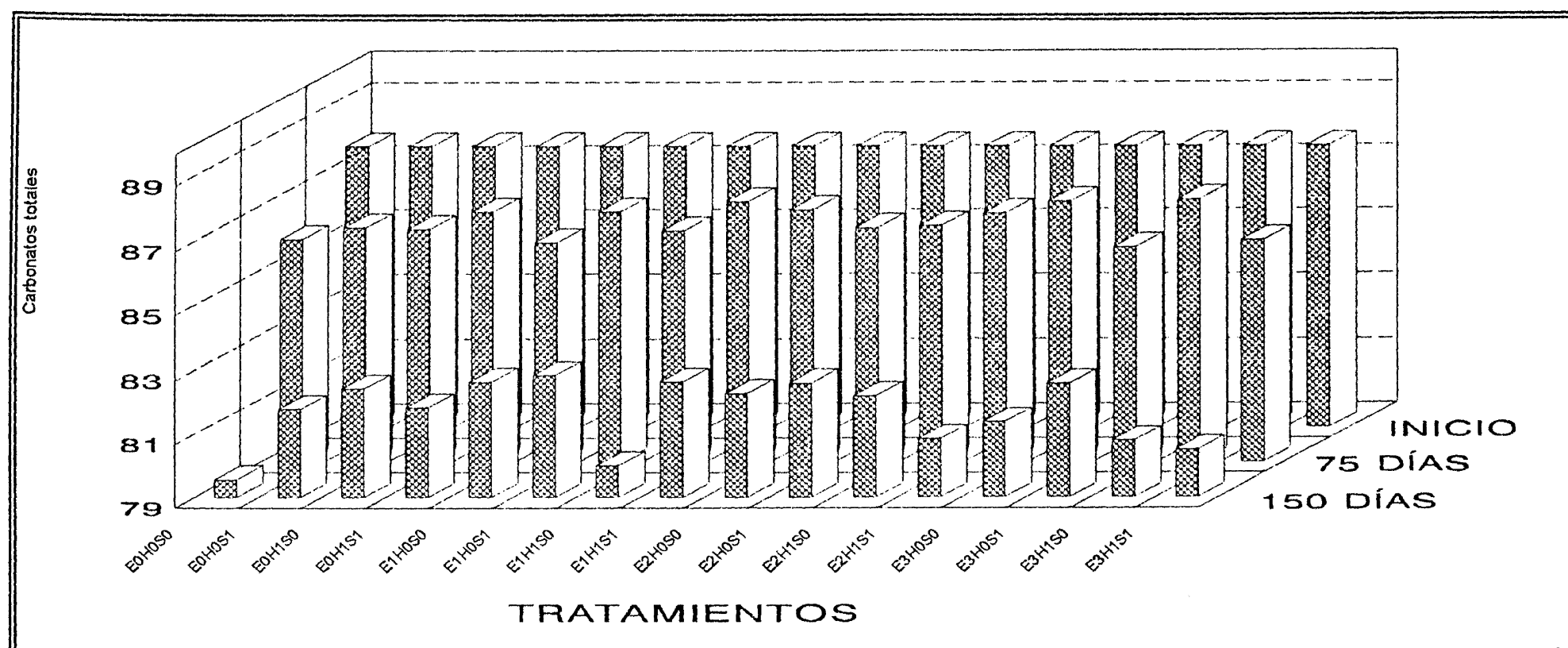


Figura 4.3 Comportamiento de los tratamientos en función del tiempo sobre carbonatos totales en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.

Con respecto al ANVA realizado no se encontró diferencia estadística significativa (Cuadro A.6 y A.12). Sin embargo el cuadro de medias se puede observar que en base a una media de las diferentes tipos de escorias se muestra un incremento de los carbonatos totales en los tratamientos donde se aplicó Escoria bof.

Vega, (1987), Van-der-Watt *et al.* (1991) indican que las sustancias húmicas y otros materiales generan reacciones entre ellas la solubilización de caliza activa, formar carbonatos que pueden precipitar, esto concuerda con los resultados del presente trabajo donde la concentración de carbonatos totales disminuye al final del experimento.

La incorporación de las Escorias bof y Lodo bof al igual que húmico y estiércol en promedio incrementaron la concentración de carbonatos en relación

al testigo al comparar los muestreos a los 75 y 150 días, lo que indica una mayor actividad de los factores en estudio. Los valores obtenidos son inferiores al contenido inicial.

Reacción del suelo (pH)

En el Cuadro 4.4 se observan los valores promedio por tratamiento del pH del suelo al inicio, 75 y 150 días después de la siembra. El pH se incrementó a los 75 días y al final del experimento, en el tratamiento E3H1S1 (Polvo colector + Húmico + Estiércol) a los 75 días el pH subió de 7.88 (inicio) a 8.01. En la Figura 4.4 se observa el efecto de las diferentes escorias sobre el pH y a los 75 días la Escoria bof y Lodo bof incrementan el pH y al final del experimento disminuye, el Polvo colector tiene un incremento inferior a los anteriores a los 75 días y al final del experimento incrementa más el pH que las demás escorias. El testigo (EoHoSo) presenta el valor más alto en pH al final del experimento. El húmico y estiércol al principio aumentan el pH y al final mantiene su valor, pero inferior al testigo. La interacción estiércol + húmico incrementan el valor a los 75 días y se mantiene en un rango más alto que de forma individual.

Cuadro 4.4 Promedios de pH evaluadas a Inicio, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Inicio	75	150
EoHoSo	7.88	7.96	7.99
EoHoS1	7.88	7.93	7.92
EoH1So	7.88	7.96	7.96
EoH1S1	7.88	7.95	7.95
E1HoSo	7.88	7.98	7.92
E1HoS1	7.88	7.93	7.96
E1H1So	7.88	7.94	7.96
E1H1S1	7.88	7.94	7.97
E2HoSo	7.88	7.98	7.93
E2HoS1	7.88	7.93	7.92
E2H1So	7.88	7.96	7.97
E2H1S1	7.88	7.96	7.96
E3HoSo	7.88	7.93	7.96
E3HoS1	7.88	7.93	7.93
E3H1So	7.88	7.98	7.92
E3H1S1	7.88	8.01	7.94

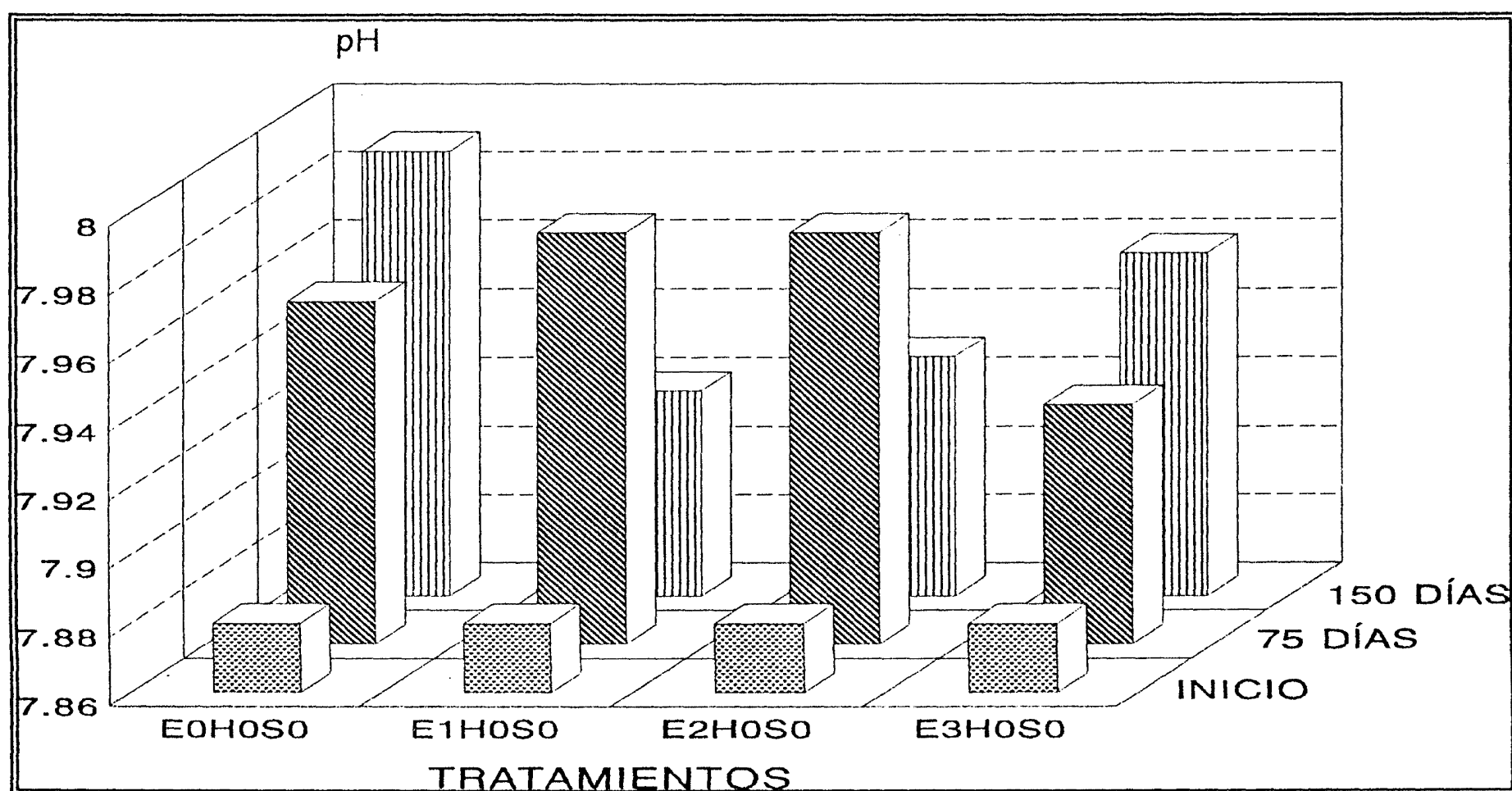


Figura 4.4 Comportamiento de los diferentes tipos de escorias en función del tiempo sobre la Reacción del suelo (pH) en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.

De acuerdo con el ANVA realizado no se encontró diferencia estadística significativa en ninguna de las fuentes de variación (Cuadro A.6 y A.12), por lo tanto se detecta que no hay efecto a la aplicación de los

tratamientos. De acuerdo con el Cuadro de medias el testigo (EoHoSo) presenta el valor más alto en pH y no se observa el efecto de las escorias sobre esta determinación.

Stievitz (1982) menciona que la aplicación de 6 ton/ha escoria neutralizan la acidez y la función más importante es el suministro de P con excelentes resultados al disminuir el fertilizante al 50 por ciento. En relación a la aplicación de escorias en suelos alcalinos Papadukis (1979) menciona que se han encontrado buenos resultados en la producción de cultivos.

Por lo anterior el pH se modificará con niveles más altos de escoria por hectárea, pero de acuerdo con el comportamiento observado se espera que al presentar una tendencia a disminuir a través del tiempo permita una mejor nutrición del cultivo. Se considera que las modificaciones en otras propiedades del suelo den por consecuencia una amortiguación del pH básico.

La variación en los valores de pH fluctuó en un rango de 7.88 a 8.01 por ciento que no representa efecto alguno entre tratamientos.

Conductividad eléctrica (C.E.)

En el Cuadro 4.5 se observan los valores promedio por tratamiento de conductividad eléctrica al inicio, 75 días y 150 días después de la siembra. En el

muestreo a los 75 días la tendencia fue a incrementarse el valor de C.E. siendo este el más alto cuando se aplicó EoHoS1 (Estiércol) con un incremento de 0.38 (dS/m) con respecto al valor inicial. En el muestreo a los 150 días en general la tendencia fue a la disminución del valor de C.E. inicial, en todos los tratamientos excepto para EoH1So (Húmico) que presentó un valor de 2.60 dS/m. La disminución más significativa en magnitud con respecto al valor inicial la presentó el tratamiento E1H1S1 (Escoria bov + Húmico + Estiércol) con una disminución de 0.16 dS/m.

Cuadro 4.5 Promedios de C.E. (dS/m) evaluadas a Inicio, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Inicio	75	150
EoHoSo	2.52	2.69	2.43
EoHoS1	2.52	2.90	2.44
EoH1So	2.52	2.73	2.60
EoH1S1	2.52	2.51	2.50
E1HoSo	2.52	2.70	2.45
E1HoS1	2.52	2.55	2.42
E1H1So	2.52	2.65	2.44
E1H1S1	2.52	2.63	2.36
E2HoSo	2.52	2.44	2.37
E2HoS1	2.52	2.73	2.56
E2H1So	2.52	2.68	2.42
E2H1S1	2.52	2.73	2.43
E3HoSo	2.52	2.56	2.42
E3HoS1	2.52	2.71	2.40
E3H1So	2.52	2.82	2.41
E3H1S1	2.52	2.61	2.40

En el ANVA realizado se encontró diferencia estadística significativa al nivel del 0.05 para la interacción Húmico x Estiércol (B x C) en el muestreo realizado a los 75 días después de la siembra como se aprecia en el Cuadro A.6

(apéndice), por lo que se procedió a correr la prueba de comparación de medias (DMS).

En el Cuadro 4.6 se muestran los resultados de la prueba de medias la cual nos indica la igualdad entre ellas para esta interacción, lo anterior debido a que para la significancia del ANVA se utiliza una distribución f y para la prueba de comparación de medias una distribución t, sin embargo podemos observar que la aplicación de estiércol y Húmico en forma individual incrementa la conductividad eléctrica en mayor proporción que al aplicarlos combinados. En la Figura 4.5 se aprecia el comportamiento de la interacción Húmico x Estiércol (B x C) a los 75 días después de la siembra.

Cuadro 4.6 Prueba de DMS para la variable C.E. evaluadas a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media	
HoS1	2.72	A
H1So	2.72	A
H1S1	2.62	A
HoSo	2.60	A

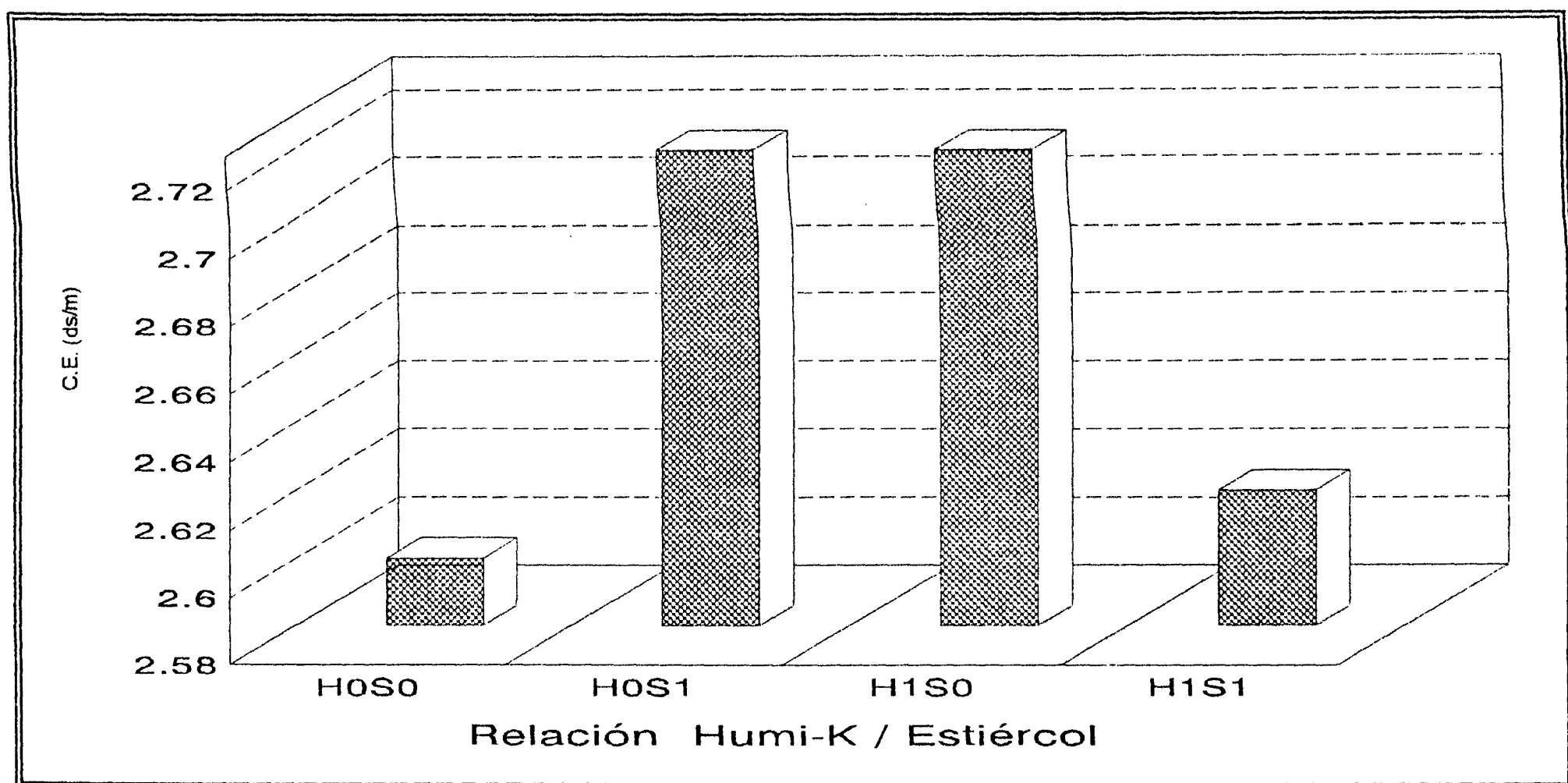


Figura 4.5 Comportamiento de la interacción de los factores Húmico x Estiércol (B x C) en el segundo muestreo sobre la Conductividad Eléctrica en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.

En base a lo anterior Omega (1989) menciona que las sustancias húmicas reducen la salinidad, en el presente trabajo los resultados indican lo contrario ya que los valores más altos se obtienen con la aplicación de sustancias húmicas al suelo, lo anterior coincide con Andrade (1995) el cual en sus resultados encontró que al aplicar húmicos al suelo incrementaron la conductividad eléctrica.

Los tratamientos aplicados no presentan riesgos de generar condiciones desfavorables en el suelo ya que la conductividad eléctrica baja con respecto a la determinación inicial, en la totalidad de los tratamientos.

Análisis de Elementos en Suelo.

Nitrógeno, Fósforo y Potasio

Los resultados del análisis de suelo para los elementos N, P y K en promedio por tratamiento, se presentan en el Cuadro 4.7 determinados al inicio, 75 y 150 días después de la siembra.

Cuadro 4.7 Promedios de N, P y K (%) evaluadas a Inicio, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento Clave	Nitrógeno			Fósforo			Potasio		
	Inicio	75	150	Inicio	75	150	Inicio	75	150
EoHoSo	0.24	0.22	0.26	0.09	0.08	0.10	0.32	0.40	0.29
EoHoS1	0.24	0.24	0.28	0.09	0.07	0.11	0.32	0.33	0.31
EoH1So	0.24	0.24	0.27	0.09	0.08	0.09	0.32	0.36	0.28
EoH1S1	0.24	0.24	0.27	0.09	0.09	0.10	0.32	0.37	0.31
E1HoSo	0.24	0.23	0.28	0.09	0.07	0.09	0.32	0.33	0.35
E1HoS1	0.24	0.26	0.28	0.09	0.10	0.10	0.32	0.35	0.34
E1H1So	0.24	0.23	0.29	0.09	0.07	0.09	0.32	0.33	0.30
E1H1S1	0.24	0.24	0.26	0.09	0.10	0.10	0.32	0.36	0.32
E2HoSo	0.24	0.24	0.27	0.09	0.08	0.09	0.32	0.34	0.35
E2HoS1	0.24	0.23	0.28	0.09	0.09	0.10	0.32	0.37	0.31
E2H1So	0.24	0.23	0.28	0.09	0.07	0.09	0.32	0.34	0.28
E2H1S1	0.24	0.25	0.25	0.09	0.09	0.10	0.32	0.34	0.28
E3HoSo	0.24	0.24	0.25	0.09	0.09	0.09	0.32	0.38	0.34
E3HoS1	0.24	0.23	0.27	0.09	0.09	0.10	0.32	0.33	0.29
E3H1So	0.24	0.24	0.23	0.09	0.10	0.09	0.32	0.34	0.27
E3H1S1	0.24	0.24	0.26	0.09	0.10	0.09	0.32	0.40	0.31

-Nitrógeno

En el Cuadro 4.7 se presentan los valores promedio por tratamiento al inicio, 75 y 150 días después de la siembra y los valores más altos se obtienen en los tratamientos E1H1So (Escoria bof + Húmico), E1HoS1 (Escoria bof +

Estiércol) y EoHoS1 (Estiércol) al final del experimento. En la Figura 4.6 se observa el por ciento de nitrógeno al final del experimento en promedio de los tratamientos donde se aplicó Húmico y Estiércol solos y combinados, el valor más alto se obtiene en los tratamientos que recibieron estiércol. Cabe señalar que la Escoria bof sola o con la combinación de Húmico o estiércol mantiene el nivel más alto que los otros tipos de escorias.

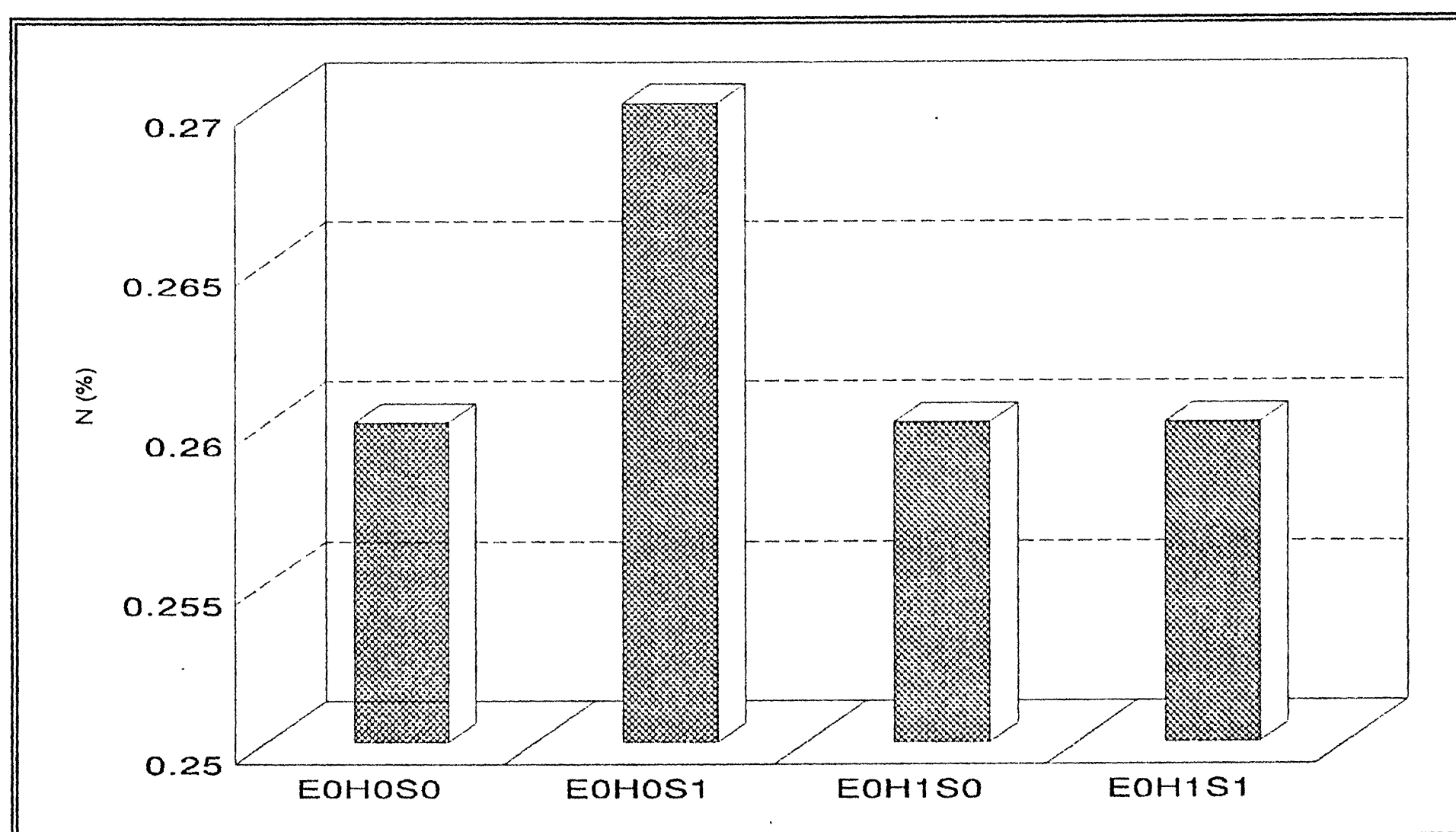


Figura 4.6 Nitrógeno en el suelo para los tratamientos que no contienen escorias en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.

De acuerdo con el ANVA realizado para esta determinación no se encontró diferencia estadística significativa, para ninguna de las fuentes de variación (Cuadro A.6 y A.12).

Los resultados encontrados en el presente trabajo coinciden a los resultados de Castellanos (1985) él encontró que la aplicación de materia orgánica incrementa la fertilidad del suelo. Por otra parte Abbot (1973) menciona que la materia orgánica es una fuente efectiva de elementos esenciales para las plantas en suelos calcáreos.

Fósforo

En el Cuadro 4.7 se observan los valores promedio por tratamiento en el muestreo realizado a los 75 días después de la siembra en la cual existe una disminución en la mayoría de los tratamientos con relación al muestreo inicial excepto los tratamientos E1HoS1 (Escoria bof + Estiércol), E1H1S1 (Escoria bof + Húmico + Estiércol), E3H1So (Polvo colector + Húmico) y E3H1S1 (Polvo colector + Húmico + Estiércol) donde se incrementó este valor, con una ligera disminución de estos dos últimos tratamientos en el muestreo realizado a los 50 días después de la siembra. En forma general los valores para fósforo se mantienen durante el ciclo.

En los tratamientos que contienen Estiércol solo y combinado con Húmico se incrementó el por ciento de fósforo en el suelo como se observa en la figura 4.7.

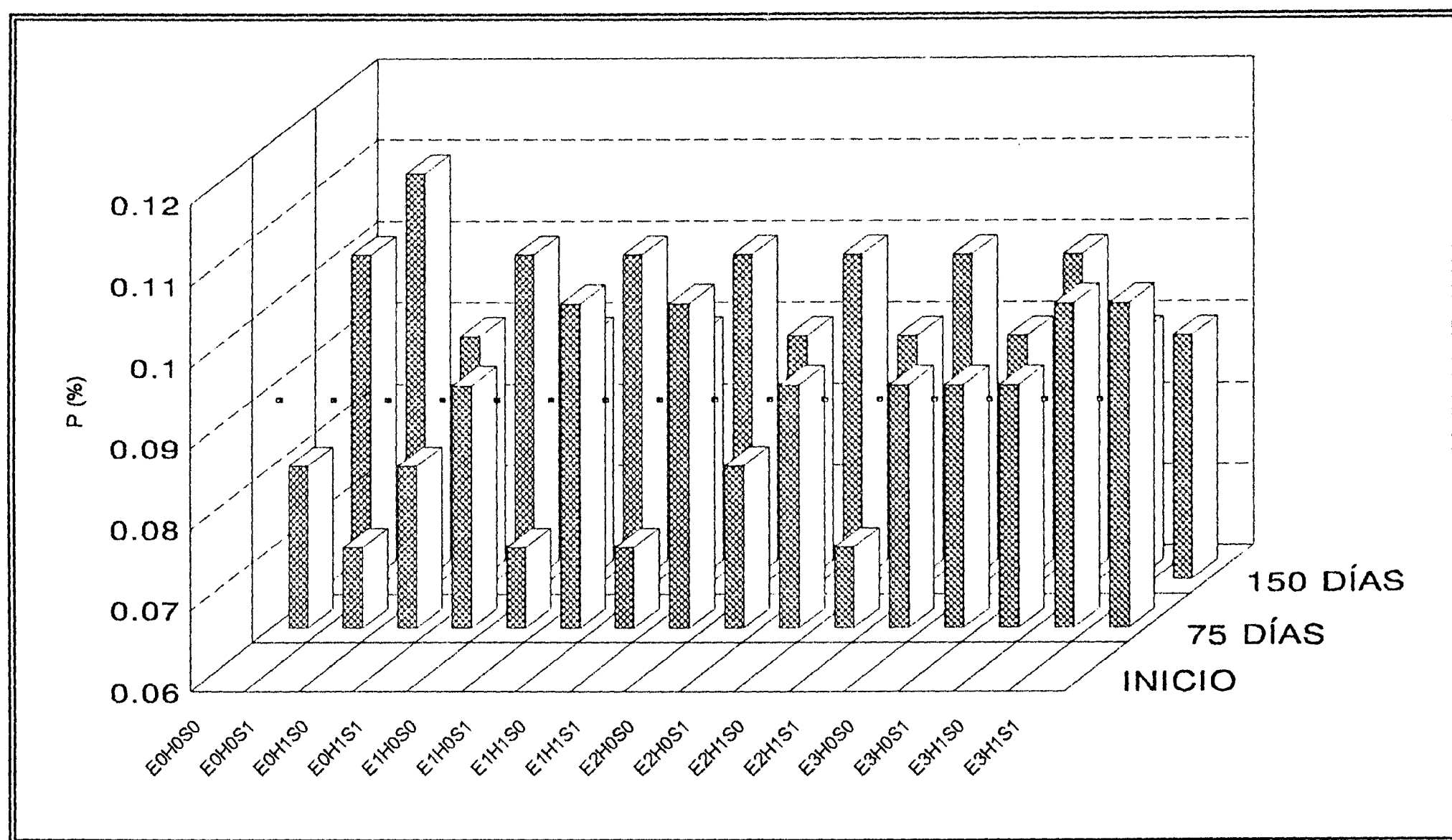


Figura 4.7 Comportamiento del Fósforo en el suelo en promedio por tratamiento en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.

De acuerdo con el ANVA realizado para esta determinación se encontró diferencia estadística significativa, para el factor estiércol (C) en el muestreo realizado a los 75 días después de la siembra (Cuadro A.6), basados en estos resultados se procedió a correr la prueba de comparación de medias (DMS) obteniendo los siguientes valores.

En el Cuadro 4.8 se observa que con la aplicación de 2 toneladas de estiércol por hectárea aumenta significativamente el porcentaje de Fósforo en el suelo.

Cuadro 4.8 Prueba de DMS para la variable P evaluadas a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media	
S1	0.10	A
So	0.09	B

Lo anterior coincide con Abbot (1973) quien demostró que el estiércol es una fuente efectiva de fósforo y otros elementos, sin embargo esta fuente es insuficiente ya que el análisis de tejido indica un nivel bajo (menor de 0.35 por ciento) de acuerdo con los niveles propuestos por Jones *et al.* (1991).

-Potasio

En el Cuadro 4.7 se aprecian los valores promedio por tratamiento para potasio al inicio, 75 y 150 días después de la siembra, se observa que a los 75 días se presenta un incremento en todos los tratamientos en relación al valor inicial, en los tratamientos EoHoSo (testigo) y el Tratamiento E3H1S1 (Polvo colector + Húmico + Estiércol) se presentan los valores más altos con 0.40 por ciento en el muestreo realizado a los 75 días después de la siembra, a los 150 días la mayoría de los tratamientos disminuyen los valores en relación a los iniciales y 75 días, con excepción de los tratamientos E1HoSo (Escoria bof) y E1HoS1 (Escoria bof + Estiércol) que al final del ciclo vegetativo poseen el valor más alto aun comparados con el testigo el cual se ubica entre los valores más bajos.

De acuerdo con el ANVA realizado para esta determinación se encontró diferencia estadística significativa al nivel del 0.05, para la interacción Húmico x Estiércol (B x C) en el muestreo realizado a los 75 días después de la siembra, en el factor Húmico (B), y en la interacción Húmico x Estiércol (B x C) en el muestreo realizado a los 150 días después de la siembra (Cuadros A.6 y A.12), por lo que se procedió a correr la prueba de comparación de medias (DMS) obteniendo los siguientes valores:

El Cuadro 4.9 muestra los resultados obtenidos en la prueba de media para esta interacción detecta que a los 75 días la mejor combinación es de Húmico con estiércol, pues existe mayor porcentaje de potasio en el suelo, sin embargo, cuando se aplica en forma individual el contenido de el mismo se ve superado por el testigo, como se observa en la Figura 4.8.

Cuadro 4.9 Prueba de DMS para la variable K en la interacción Húmico x Estiércol (B x C) evaluadas a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media	
H1S1	0.37	A
HoSo	0.36	AB
HoS1	0.35	AB
H1So	0.34	B

Los valores obtenidos en la prueba de DMS (Cuadro 4.10) muestran que la aplicación de Húmico disminuye el por ciento de potasio en el suelo.

Cuadro 4.10 Prueba de DMS para la variable K en el factor Húmico (B) evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media	
Ho	0.33	A
H1	0.30	B

El Cuadro 4.11 muestra los resultados de la prueba DMS para esta interacción en la cual se observa que a los 150 días el testigo superó a los demás tratamientos pues contenía más por ciento de K el suelo que con la aplicación de estos tratamientos, como se muestra en la Figura 4.8

Cuadro 4.11 Prueba de DMS para la variable K en la interacción Húmico x Estiércol (B x C) evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media	
HoSo	0.33	A
HoS1	0.31	AB
H1S1	0.30	BC
H1So	0.28	C

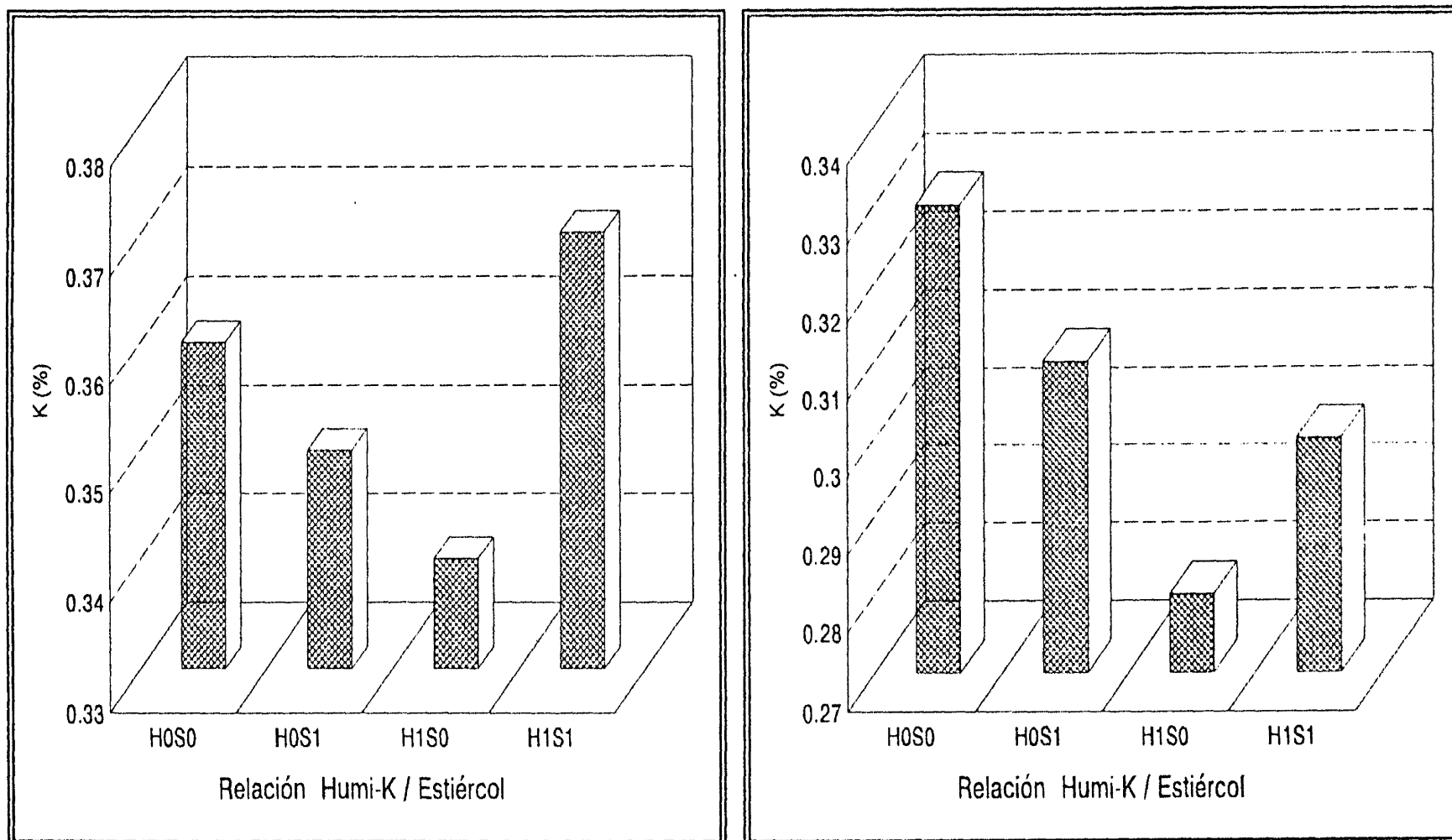


Figura 4.8 Comportamiento del Potasio en suelo para las interacciones Húmico x Estiércol (B x C) a los 75 y 150 días después de la siembra respectivamente, en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.

Lo anterior coincide con Jiménez (1992) y Abbot (1973) quienes mencionan que el estiércol es una fuente efectiva de (P, K, Mg, etc.) los elementos esenciales para la nutrición de la planta, así como de sustancias húmicas, que intervienen en la nutrición.

Calcio y Magnesio

Los resultados promedios por tratamiento del análisis de suelo de los elementos Ca y Mg, se presentan en el Cuadro 4.12 determinados al inicio, 75 y 150 días después de la siembra.

Cuadro 4.12 Promedios de Ca, Mg (%) evaluadas a 0, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Calcio			Magnesio			
	Clave	Inicio	75	150	Inicio	75	150
EoHoSo		23.99	25.48	29.78	1.56	1.76	1.65
EoHoS1		23.99	24.48	27.78	1.56	1.56	1.65
EoH1So		23.99	25.35	29.51	1.56	1.74	1.65
EoH1S1		23.99	24.73	27.66	1.56	1.71	1.64
E1HoSo		23.99	25.22	26.88	1.56	1.66	1.73
E1HoS1		23.99	25.60	29.47	1.56	1.81	1.63
E1H1So		23.99	23.35	28.84	1.56	1.62	1.75
E1H1S1		23.99	25.22	28.90	1.56	1.74	1.63
E2HoSo		23.99	25.48	26.40	1.56	1.76	1.66
E2HoS1		23.99	25.35	27.31	1.56	1.69	1.74
E2H1So		23.99	25.31	28.56	1.56	1.71	1.70
E2H1S1		23.99	25.98	29.28	1.56	1.66	1.64
E3HoSo		23.99	25.60	26.56	1.56	1.88	1.66
E3HoS1		23.99	25.98	28.97	1.56	1.67	1.73
E3H1So		23.99	25.60	30.97	1.56	1.72	1.76
E3H1S1		23.99	25.52	29.19	1.56	1.75	1.66

-Calcio

En el cuadro 4.12 se presentan los valores promedio por tratamiento para la variable calcio al inicio, 75 y 150 días después de la siembra. A los 75 días se observa una tendencia a aumentar el contenido de calcio en suelo con respecto a los presentes en el muestreo inicial, con excepción de E1H1So (Escoria bof + Húmico) que resultó menor (23.35 por ciento). Continuando la tendencia a aumentar conforme avanza al tiempo de aplicación de los tratamientos esto es en todos los casos siendo más considerable este aumento en el testigo (EoHoSo) que obtiene el segundo valor más alto con 29.78 por ciento y el primer valor más alto en calcio es el tratamiento E3H1So (Polvo colector + Húmico) con 30.97 por ciento.

De acuerdo con el análisis de varianza realizado para calcio se encontró diferencia estadística significativa, para el factor Húmico (B), y las interacciones Escoria x Estiércol (A x C) y Húmico x Estiércol (B x C) en el muestreo realizado a los 150 días después de la siembra. (Cuadro A.12), por lo que se procedió a correr la prueba de comparación de medias (DMS) arrojando los siguientes valores:

El cuadro 4.13 muestra los resultados obtenidos en la prueba de medias, observándose que con la aplicación de 5 kg/ha de Húmico aumenta el por ciento de calcio en el suelo.

Cuadro 4.13 Prueba de DMS para la variable Ca en el factor Húmico (B) evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media
H1	29.12 A
Ho	27.90 B

Como se observa en el Cuadro 4.14 los resultados de la prueba de medias para la interacción escoria x estiércol (A x C) indica que el testigo tiene mayor por ciento de calcio, encontrándose en el mismo nivel el polvo colector con y sin estiércol, escoria bof con estiércol y lodo bof con estiércol, la escoria bof, estiércol y polvo colector en forma individual disminuye el contenido de calcio en suelo (Figura 4.9), esto es debido posiblemente a la fuente aplicada.

Cuadro 4.14 Prueba de DMS para la variable Ca en la interacción Escoria x Estiércol (A x C) evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media	
EoSo	29.64	A
E1S1	29.18	AB
E3S1	29.08	AB
E3So	28.76	AB
E2S1	28.30	AB
E1So	27.86	B
EoS1	27.72	B
E2So	27.48	B

Los resultados que se muestran en el Cuadro 4.15 para esta interacción demuestra que aun cuando se encuentran en el mismo nivel el Húmico, Húmico + estiércol y estiércol solo, se observa que el Húmico incrementa el contenido de calcio en el suelo, como se observa en la Figura 4.9.

Cuadro 4.15 Prueba de DMS para la variable Ca en la interacción Húmico x Estiércol (B x C) evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media	
H1So	29.47	A
H1S1	28.76	A
HoS1	28.38	AB
HoSo	27.41	B

En la Figura 4.9 se aprecia el comportamiento de las interacciones Escoria x Estiércol (A x C) y Húmico x Estiércol (B x C) a los 150 días después de la siembra

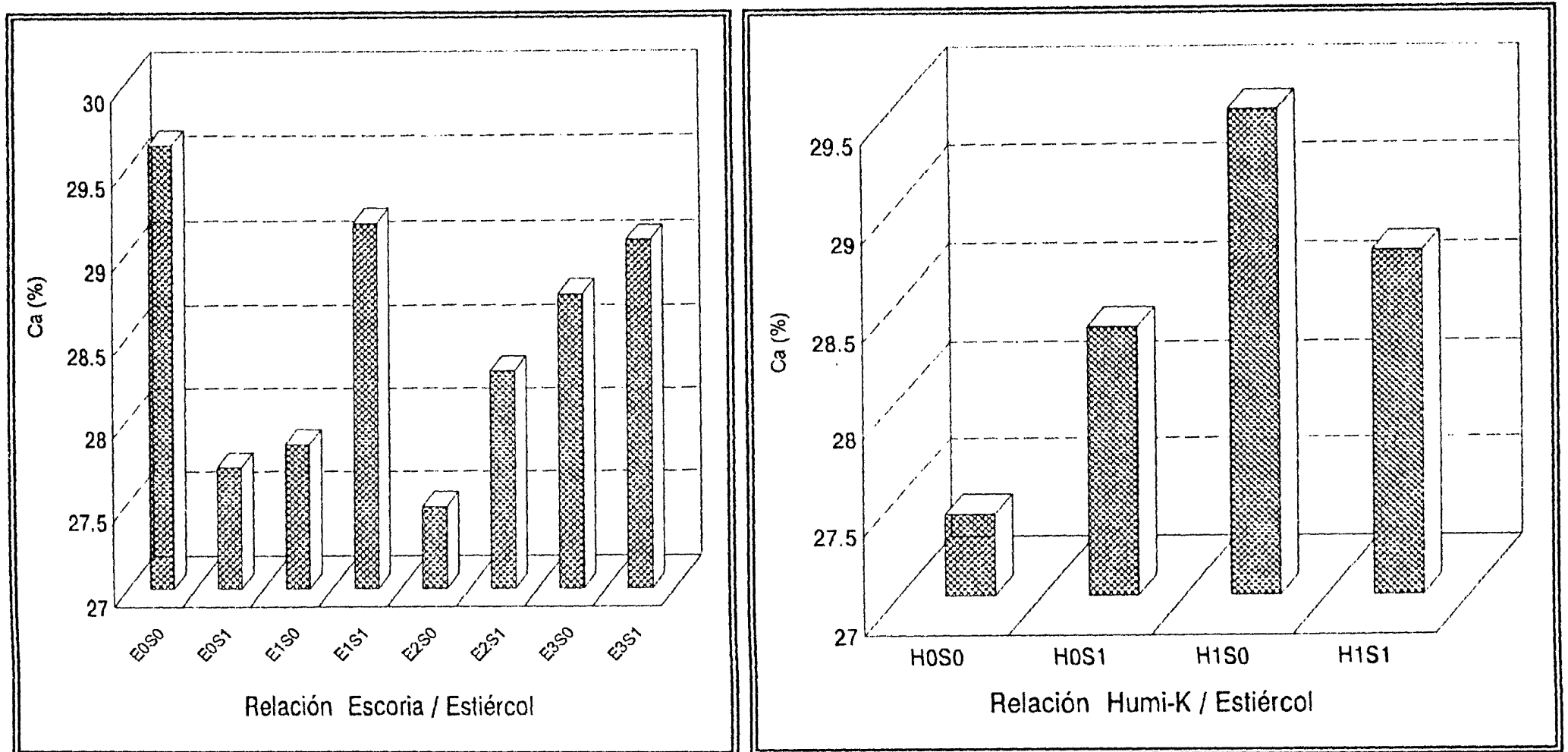


Figura 4.9 Comportamiento del Calcio en suelo para las interacciones Escorias x Estiércol (A x C) y Húmico x Estiércol (B x C) a los 150 días después de la siembra, en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.

Los resultados encontrados en el presente trabajo coinciden con Kovacevic *et al.* (1992) los cuales encontraron que las escorias incrementan el rendimiento debido al contenido de calcio y microelementos, a su vez Cassanova *et al.* (1993) indican que la escoria básica modifica las propiedades químicas y ponen a disposición el P y Ca. Por otra parte Slack y Morrill (1972) mencionan que el calcio en la nutrición es el mayor factor limitante para la producción de (*Arachis hipogea* L.) en muchas regiones del mundo. Así mismo el contenido de humus es uno de los factores más importantes que determinan la productividad de un suelo que entre otras cosas incrementan la eficiencia en la aplicación de fertilizantes y mejoran la nutrición de las plantas.

-Magnesio

En el Cuadro 4.12 se observan los valores promedio por tratamiento para el magnesio y se aprecia que a los 75 días se presenta un incremento con respecto al muestreo inicial en forma general con excepción del tratamiento EoHoS1 (estiércol) que mantuvo su concentración (1.56 por ciento), a los 150 días en general disminuye el valor con respecto al muestreo anterior (75 días) excepto en los tratamientos E3H1S1 (Polvo colector + Húmico + Estiércol) con 1.76 por ciento, E1H1So (Escoria bof + Húmico) con 1.75 por ciento, E2HoS1 (Lodo bof + Estiércol) con 1.74 por ciento, E3HoS1 (Polvo colector + Estiércol) con 1.73 por ciento y E1HoSo (Escoria bof) con 1.73 por ciento.

De acuerdo con el análisis de varianza realizado para esta determinación se encontró diferencia estadística significativa (Cuadro A.6), para la interacción Escoria x Estiércol (A x C) para el muestreo realizado a los 75 días después de la siembra, por lo que se procedió a realizar la prueba de comparación de medias (DMS) encontrando los siguientes valores:

En el cuadro 4.16 se muestran los resultados de la prueba de medias para la interacción escoria x estiércol (A x C) nos detecta que la aplicación de Polvo colector y Escoria bof + Estiércol incrementan más el por ciento de magnesio en suelo, sin embargo, La escoria bof y el estiércol en forma individual

contienen menor cantidad de magnesio en el suelo, como se aprecia en la Figura 4.10.

Cuadro 4.16 Prueba de DMS para la variable Mg en la interacción Escoria x Estiércol (A x C) evaluadas a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media	
E3So	1.80	A
E1S1	1.77	A
EoSo	1.75	AB
E2So	1.74	AB
E3S1	1.71	AB
E2S1	1.68	AB
E1So	1.64	B
EoS1	1.64	B

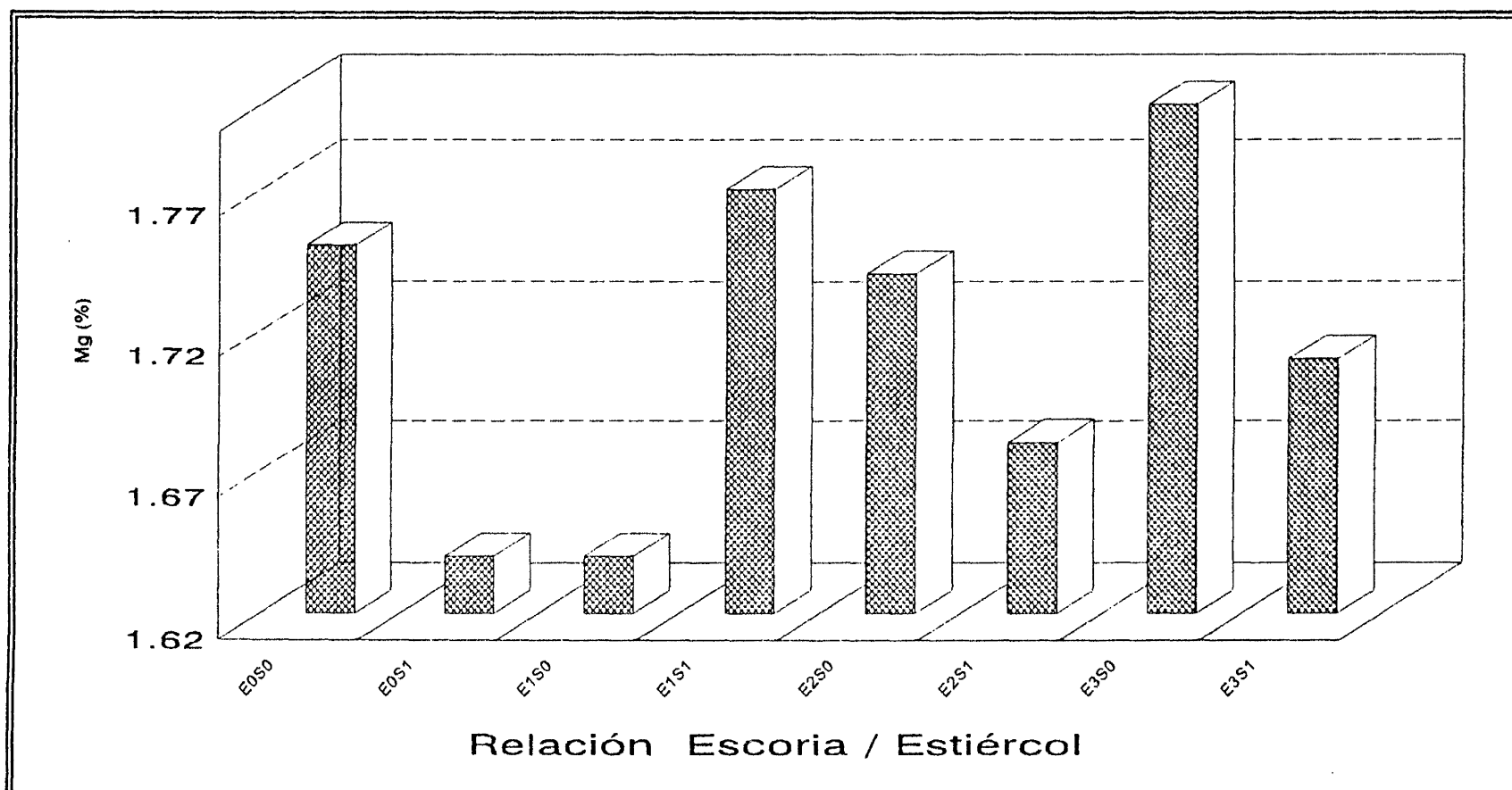


Figura 4.10 Comportamiento del Magnesio en suelo para la interacción Escoria x Estiércol (A x C) a los 75 días después de la siembra, en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.

Lo anterior coincide con Jiménez (1992) el cual menciona que las escorias contienen macroelementos como Ca, Mg y oligoelementos, Buckman y

Brady (1985) citan que el humus coloidal saturado con hidrógeno actúa como ácido ordinario reacciona con minerales del suelo (K, Ca y Mg) el humus realiza una transferencia de iones hidrógeno y las bases afectadas son liberadas y asimiladas por las plantas, al respecto Abbot (1973) menciona que el estiércol animal suministra magnesio y elementos menores, que el estiércol animal y los residuos de las cosechas regresan una buena parte de los nutrimentos al suelo.

Fierro y Zinc

Los resultados del análisis de suelo de los elementos Fe y Zn en promedio por tratamiento, se presentan en el Cuadro 4.17 determinados al inicio, 75 y 150 días después de la siembra.

-Fierro

De acuerdo con el Cuadro 4.17 donde se presentan los valores promedio por tratamiento para fierro se aprecia una disminución en los valores a los 75 días con respecto al promedio inicial, el valor más bajo (10975 ppm) corresponde al tratamiento E1HoSo (Escoria bof) y el valor más alto (12850 ppm) es para el tratamiento E2H1S1 (Lodo bof + Húmico + Estiércol), en el muestreo realizado a los 150 días después de la siembra se aprecia que existe un incremento en comparación a los datos obtenidos en el muestreo de los 75 días después de la siembra, quedando con mayor concentración el tratamiento

E1HoS1 (Escoria bof + Estiércol), E1H1S1 (Escoria bof + Húmico + Estiércol) y E3H1So (Polvo colector + Húmico) con 16275, 15825 y 15725 ppm respectivamente. Sin embargo todos los tratamientos después de la cosecha quedaron con una concentración menor que el inicial.

Cuadro 4.17 Concentración de Fe y Zn (ppm) en el suelo, en muestras tomadas al inicio, 75 y 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Fierro			Zinc		
	Inicio	75	150	Inicio	75	150
EoHoSo	20800	11650	14700	100	95.00	85.00
EoHoS1	20800	11150	12875	100	82.50	72.50
EoH1So	20800	12100	14650	100	80.00	70.00
EoH1S1	20800	12400	12825	100	97.50	77.50
E1HoSo	20800	10975	14075	100	97.50	90.00
E1HoS1	20800	11275	16275	100	92.50	90.00
E1H1So	20800	11550	13075	100	77.50	77.50
E1H1S1	20800	11700	15825	100	102.50	82.50
E2HoSo	20800	11600	14400	100	85.00	85.00
E2HoS1	20800	11525	14450	100	82.50	65.00
E2H1So	20800	12500	12900	100	72.50	72.50
E2H1S1	20800	12850	14850	100	72.50	72.50
E3HoSo	20800	12275	14575	100	85.00	70.00
E3HoS1	20800	12650	13775	100	70.00	65.00
E3H1So	20800	12650	15725	100	95.00	65.00
E3H1S1	20800	12575	14600	100	95.00	72.50

De acuerdo con el análisis de varianza para Fierro en sus muestreos realizados se encontró diferencia estadística significativa, para el factor Húmico (B) en el muestreo realizado a los 75 días después de la siembra y diferencia estadística altamente significativa para la interacción Escoria x Estiércol (A x C) en el muestreo realizado a los 150 días después de la siembra, por lo que se procedió a correr la prueba de comparación de medias (DMS).

Los resultados de la prueba de media se muestran en el Cuadro 4.18 a el factor Húmico (B) el cual nos detecta que al aplicar húmicos al suelo aumenta el por ciento de fierro en el mismo.

Cuadro 4.18 Prueba de DMS para la variable Fe en el factor Húmico (B) evaluadas a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media
H1	12290.62 A
Ho	11637.50 B

Los valores obtenidos de la prueba DMS (Cuadro 4.19) demuestra que el mejor tratamiento fue con la aplicación de Escoria bof + Estiércol, aun cuando el rolvo colector, el testigo y el Lodo bof + Estiércol se encuentran en el mismo nivel, sin embargo, el estiércol solo reduce el contenido de fierro en el suelo, como se observa en la Figura 4.11.

Cuadro 4.19 Prueba de DMS para la variable Fe en la interacción Escoria x Estiércol (A x C) evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media
E1S1	16050 A
E3So	15150 AB
EoSo	14675 AB
E2S1	14650 ABC
E3S1	14187 BC
E2So	13650 BC
E1So	13575 BC
EoS1	12850 C

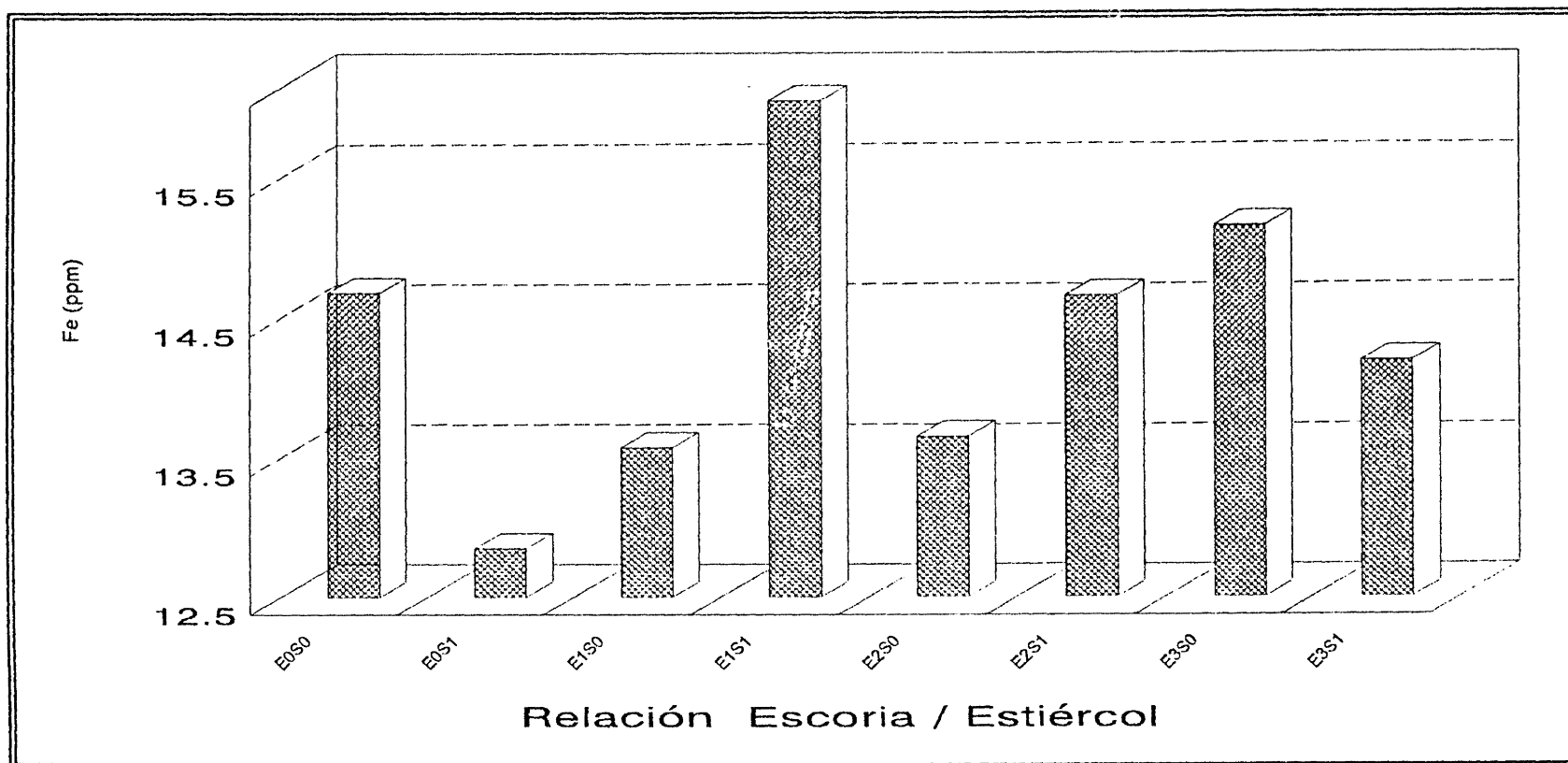


Figura 4.11 Comportamiento del Hierro en suelo para las interacción Escoria x Estiércol (A x C) a los 150 días después de la siembra, en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.

En relación a lo anterior Yona y Tsila, (1990) mencionan que los materiales orgánicos incrementan la solubilización de micronutrientes entre ellos el hierro y que es el mayor factor en la promoción del crecimiento de las plantas por las sustancias húmicas, lo cual coincide con el presente trabajo. Es importante mencionar que el material genético en estudio es tolerante a deficiencias de hierro. Al final del experimento disminuye la concentración de hierro y al respecto Camacho (1992) menciona que los suelos con contenido elevado de carbonatos afecta negativamente la concentración de Fe y Zn disponible y Jiménez (1992) señala que las escorias contienen macroelementos y oligoelementos como Fe, Mn, B que pueden incorporarse al suelo directamente como parte del sustrato de nutrición.

-Zinc

El Cuadro 4.17 muestra los valores promedio para cada tratamiento en el cual se observa que el tratamiento E1H1S1 (Escoria bof + Húmico + Estiércol) con el valor de 102.50 ppm superó al valor inicial al inicio el cual disminuye a 82.50 ppm en el muestreo realizado a los 150 días después de la siembra. El tratamiento E1H1So (Escoria bof + Húmico) baja su concentración de 100 a 77.50 ppm y se mantiene, con respecto a los demás tratamientos se puede observar que existe un descenso en cada muestreo realizado.

Con respecto al análisis de varianza realizado para esta determinación se encontró diferencia estadística significativa, para el factor Escoria (A) en el muestreo realizado a los 150 días después de la siembra (Cuadro A.12), por lo que en base a estos resultados se procedió a correr la prueba de comparación de medias (DMS).

Los resultados de la prueba de medias se muestran en el Cuadro 4.20 en el cual se observa que la escoria bof produjo mayor cantidad de zinc en el suelo, aun cuando el testigo y el lodo bof se encuentran en el mismo nivel.

Cuadro 4.20 Prueba de DMS para la variable Zn en el factor Escoria (A) evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media	
Escoria bof	85.00	A
Testigo	76.25	AB
Lodo bof	73.75	AB
Polvo colector	68.13	B

Lo anterior coincide con Narro (1995) quien menciona que la disponibilidad de zinc disminuye al incrementarse el pH del suelo. Jones *et al* (1991) menciona que el zinc es antagónico con el fierro, esto se demuestra con el resultado de los índices de desviación del porcentaje óptimo que resultan negativos. Rahman *et al.* (1991) indican que la aplicación de escoria básica disminuye la concentración de zinc en los tejidos. Chen y Barak (1982) menciona que al incrementarse el pH se provoca baja solubilidad de P, Fe y Zn y se presentan con mayor énfasis en frijol.

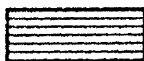
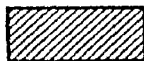

El efecto de Lodo bof y Polvo colector no incrementaron la concentración de zinc en suelo como se esperaba, tomando en cuenta su composición química, ya que son materiales que liberan lentamente los elementos.

Análisis foliar

En el Cuadro 4.21 se presentan los valores promedio por tratamiento de muestras compuestas del muestreo foliar realizado en la etapa inicio de floración donde se obtuvieron los valores de P, K, Ca, Mg, Fe y Zn, estos fueron comparados con los niveles propuestos por Jones *et al* (1991) Cuadro 4.22.

Cuadro 4.21 Medias de los tratamientos de diferentes variables de análisis foliar en hojas (sin peciolo) en el cultivo de frijol en muestras compuestas en la etapa de floración. Navidad, N. L. 1995.

Tratam.	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
Clave	%	%	%	%	ppm	ppm
EoHoSo	0.30	3.70	1.46	0.41	810	70
EoHoS1	0.31	2.98	1.65	0.38	810	53
EoH1So	0.29	3.48	1.61	0.41	1000	40
EoH1S1	0.30	3.04	1.53	0.38	750	45
E1HoSo	0.29	3.27	1.81	0.41	1010	53
E1HoS1	0.28	3.84	1.71	0.43	760	65
E1H1So	0.30	3.56	1.68	0.47	780	58
E1H1S1	0.29	3.67	1.64	0.41	750	58
E2HoSo	0.29	3.40	1.57	0.40	940	40
E2HoS1	0.30	3.57	1.20	0.38	810	58
E2H1So	0.29	3.63	1.28	0.42	690	30
E2H1S1	0.30	3.40	1.55	0.35	950	53
E3HoSo	0.31	3.75	1.54	0.44	690	60
E3HoS1	0.30	3.23	1.33	0.43	950	45
E3H1So	0.28	4.51	1.84	0.43	750	48
E3H1S1	0.29	3.40	1.94	0.41	750	70

 Nivel bajo
 Nivel alto
 Nivel suficiente

Cuadro 4.22 Rangos de concentración de nutrimentos propuestos por Jones *et al*. (1991) en folíolos de frijol al inicio de la floración.

Elemento	Bajo	Suficiente	Alto
P (%)	0.25-0.34	0.35-0.75	> 0.75
K (%)	2.00-2.24	2.25-4.0	> 4.0
Ca (%)	1.00-1.49	1.50-2.5	> 2.5
Mg (%)	0.25-0.29	0.30-1.0	> 1.0
Fe (ppm)	40-49	50-300	> 300
Zn (ppm)	18-19	20-200	> 200

En relación a los niveles de fósforo para todos los tratamientos, estos se encuentran en nivel bajo (menor de 0.35 por ciento) dentro del cual el valor más alto corresponde a los tratamientos EoHoS1 donde se aplicó Estiércol y E3HoSo que contiene Polvo colector, esto nos indica que la aplicación de estos tratamientos en forma individual incrementan un poco más la disponibilidad de este elemento a la planta. El potasio se encontró en nivel suficiente en casi todos los tratamientos con excepción de el tratamiento E3H1So que contiene Polvo colector + Húmico en el cual se encontró un nivel alto (mayor de 4.0 por ciento). Para el calcio se encontró un efecto diferente entre tratamientos, en este se observa un nivel bajo (menor de 1.50 por ciento) para los tratamientos EoHoSo (testigo), E2HoS1 (Lodo bof + Estiércol), E2H1So (Lodo bof + Húmico) y E3HoS1 (Polvo colector + Estiércol) y los demás tratamientos se encuentran en rango de suficiencia para este elemento, al igual que el magnesio y zinc. Para el caso del fierro todos los tratamientos se encuentran en nivel alto (mayor de 300 ppm) esto debido posiblemente al origen genético del material.

Tisdale y Nelson (1982) mencionan que en suelos calcáreos con características similares a los suelos en estudio se originan mecanismos de antagonismo entre fósforo y calcio. La deficiencia de fósforo se debe a excesos de fierro en el tejido foliar y por ser antagónicos de acuerdo con Davis (1980). al respecto Olsen (1972) menciona que los efectos antagónicos o de interacción suceden tanto en los micro como en los macroelementos, y pueden ocurrir tanto en el suelo como en la planta.

Castellanos (1985) menciona que en suelos calcáreos la aplicación de estiércol ha reducido al problema de deficiencia de fierro y zinc, pues se debe a que la materia orgánica favorece la formación de quelatos de fierro y zinc que son más asimilables por la raíz, lo cual coincide con el presente trabajo. Sin embargo Rahman *et al.* (1991) indican que la aplicación de escorias disminuye la concentración de Fe, Mg y Zn en los tejidos, esto es contrario a lo obtenido en el presente trabajo.

En base a lo anterior se observa el efecto del antagonismo causado en la absorción de nutrientes medida por el origen calcáreo del suelo y a la composición química de las escorias aplicadas por su alto contenido en calcio y fierro, que son antagónicos al fósforo, a esto se deben los niveles bajos en los tejidos de la planta.

Los análisis de varianza de los elementos P, K, Ca, Mg, Fe y Zn del análisis de tejido foliar realizado al inicio de floración en hojas sin peciolo en el ciclo de cultivo se presentan en el Cuadro A.18, basados en los resultados donde se detectó diferencia estadística significativa para el potasio en la interacción de Escoria x Húmico (A x C) y Zn en el factor estiércol (C) y la interacción escoria x estiércol (A x B) por lo que se procedió a correr la prueba de comparación de medias (DMS).

Los resultados de la prueba de media se muestran en el Cuadro 4.23 donde se detectó diferencia estadística significativa para el potasio en la interacción Escoria x Estiércol (A x C) en K, esta nos detecta que el

Polvo colector en forma individual favoreció a la planta significativamente en la absorción de K, aun cuando se encuentra en el mismo nivel la Escoria bof + estiércol y el testigo, sin embargo, el polvo colector combinado con estiércol reduce la disponibilidad de K en suelo, pero aun más el estiércol solo.

Cuadro 4.23 Prueba de DMS para la variable K en la interacción Escoria x Húmico (A x B) evaluadas a inicio de floración en hojas sin peciolo en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media	
E3So	4.12	A
E1S1	3.76	AB
EoSo	3.60	ABC
E2So	3.52	BC
E2S1	3.50	BC
E1So	3.41	BC
E3S1	3.31	BC
EoS1	3.02	C

Los valores mostrados en el Cuadro 4.24 son obtenidos para el factor estiércol (C) los cuales nos reportan que la aplicación de 2 ton/ha de estiércol favoreció la disponibilidad del zinc al cultivo.

Cuadro 4.24 Prueba de DMS para la variable Zn en el factor (C) evaluadas a inicio de floración en hojas sin peciolo en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media	
S1	55.62	A
So	46.56	B

Para el factor Escoria x Húmico (A x B) los resultados se encuentran en el Cuadro 4.25 en este se observa que el tratamiento que mayor absorción de Zn tubo es el testigo, observándose en el mismo nivel la Escoria bof con y sin Húmico, Polvo colector con Húmico y el Lodo bof en forma individual.

Cuadro 4.25 Prueba de DMS para la variable Zn en la interacción Escoria x Húmico (A x B) evaluadas a inicio de floración en hojas sin peciolo en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media	
EoHo	61	A
E1Ho	58	AB
E3H1	58	AB
E1H1	57	AB
E2Ho	48	AB
EoH1	42	B
E2H1	41	B
E3Ho	40	B

Relacionando los resultados obtenidos en el muestreo de suelo realizado a los 75 días (Cuadros 4.7, 4.12 y 4.17) y en planta (Cuadro 4.21) en la misma fecha (Inicio de floración) se puede observar de manera general que:

Mientras algunos elementos presentaron una concentración alta en suelo no sucedió así en planta, como el caso de fósforo; para otros elementos existió niveles adecuados tanto en suelo como en planta.

Lo anterior es atribuible a que no todos los elementos esenciales para el buen desarrollo de las plantas pueden ser aprovechados con la misma

facilidad. Coincide con Howeler (1983) quien menciona que es importante considerar que las interacciones entre nutrimentos son unos de los factores que afectan el contenido y el estado nutricional de las plantas. Por ejemplo la aplicación de fósforo disminuye el contenido de zinc, la aplicación de potasio disminuye el contenido de calcio y magnesio. Este antagonismo entre elementos también es muy notable en la absorción de fierro, cobre, manganeso y zinc. De igual manera Ortiz (1977) y Narro (1995) indican que los problemas del fósforo en el suelo son muy complejos y además, puede reaccionar con Fe, Zn, Cu, Mn y Ca y formar compuestos insolubles.

También coincide con Cánovas y Díaz (1993) quien menciona que el calcio es el elemento que con mayor frecuencia aparece en los desórdenes nutricionales de las plantas. Su dificultad de absorción pasiva y transporte por el xilema sin prácticamente translocación, es decir que la toma de este elemento por la raíz se ve afectada por varias causas entre ellas tenemos la concentración de cationes antagónicos como magnesio, potasio, sodio y amonio. Al respecto Jones *et al.* (1991) y Narro (1995). indican que la deficiencia se provoca por concentraciones bajas de magnesio en el suelo o por excesos de calcio y potasio en el suelo. De igual manera Mortvedt *et al.*, (1983) menciona que el total del contenido de micronutrimentos en el suelo varía de acuerdo al tipo, pero la presencia en el suelo no es un criterio de su disponibilidad para las plantas, sino la presencia de otros nutrimentos.

Diagnóstico Nutricional. Índice DOP

Para la interpretación del análisis de tejido del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), se utilizó el sistema propuesto por Montañés, L. *et al.* (1993) que se denomina Desviación del Porcentaje Optimo (DOP) para los elementos P, K, Ca, Mg, Fe y Zn.

La determinación de los índices DOP se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\text{DOP} = [(C * 100) / C_{\text{ref}}] - 100$$

Los niveles óptimos de los nutrimentos para frijol propuestos por Jones, *et al.* (1991), se expresan en por ciento para cada elemento.

Elemento	Rango
P	0.35-0.75
K	2.25-4.0
Ca	1.50-2.5
Mg	0.30-1.0
Fe	0.005-0.03
Zn	0.002-0.02

En el Cuadro 4.26 se observa que los índices DOP obtenidos en el presente trabajo en el cultivo de frijol al inicio de floración, los elementos menos requeridos en todos los tratamientos es el fierro y el potasio. Mientras que los más requeridos son el zinc, fósforo, magnesio y calcio, en forma general casi todos los tratamientos presentan el mismo orden de requerimiento.

Cuadro 4.26 Valores de índices de la desviación del porcentaje óptimo para frijol, Navidad, N. L. 1995.

Tratam.	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Suma	Orden requerim.
EoHoSo	-45.45	18.40	-27.00	-36.92	362.86	-36.36	526.99	P>Mg>Zn>Ca>K>Fe
EoHoS1	-43.63	-4.64	-17.50	-41.54	382.86	-51.82	522.00	Zn>P>Mg>Ca>K>Fe
EoH1So	-47.27	11.36	-19.50	-36.92	471.43	-63.64	650.12	Zn>P>Mg>Ca>K>Fe
EoH1S1	-45.45	2.72	-23.50	-41.54	328.57	-59.09	500.87	Zn>P>Mg>Ca>K>Fe
E1HoSo	-47.27	4.64	-9.50	-36.92	477.14	-51.82	627.29	Zn>P>Mg>Ca>K>Fe
E1HoS1	-49.09	22.88	-14.50	-33.85	334.29	-40.91	495.52	P>Zn>Mg>Ca>K>Fe
E1H1So	-45.45	13.92	-16.00	-27.69	345.71	-47.27	496.04	Zn>P>Mg>Ca>K>Fe
E1H1S1	-47.27	17.44	-18.00	-36.92	328.57	-47.27	495.47	Zn=P>Mg>Ca>K>Fe
E2HoSo	-47.27	8.80	-21.50	-38.46	437.14	-63.64	616.81	Zn>P>Mg>Ca>K>Fe
E2HoS1	-45.25	14.24	-40.00	-41.54	362.86	-47.27	551.36	Zn>P>Mg>Ca>K>Fe
E2H1So	-47.27	16.16	-36.00	-35.38	294.29	-72.73	501.83	Zn>P>Ca>Mg>K>Fe
E2H1S1	-45.45	8.80	-22.50	-46.15	442.86	-51.82	617.58	Zn>Mg>P>Ca>K>Fe
E3HoSo	-43.63	20.00	-23.00	-32.31	294.29	-45.45	458.68	Zn>P>Mg>Ca>K>Fe
E3HoS1	-45.45	3.36	-33.50	-33.85	442.86	-59.09	618.11	Zn>P>Mg>Ca>K>Fe
E3H1So	-49.09	44.32	-8.00	-33.85	328.57	-56.36	520.19	Zn>P>Mg>Ca>K>Fe
E3H1S1	-47.27	8.80	-3.00	-36.92	328.57	-36.36	460.92	P>Mg>Zn>Ca>K>Fe

Para este trabajo de investigación el índice DOP indica que el fósforo, magnesio y calcio son los elementos mayores más requeridos por el cultivo de frijol durante la etapa de floración a estos elementos les corresponden los índices más negativos respectivamente, el potasio es el menos requerido de los elementos mayores y para el caso de los menores es el zinc el más requerido y el menos requerido es el fierro por tener el índice más alto.

Lo anterior concuerda con Andrade (1995) quien utilizó la metodología de los índices DOP en el cultivo de papa cultivado en un suelo calcáreo y el orden de requerimiento para los mayores fue el magnesio y para los menores el zinc y el menos requerido es el fierro.

Los resultados encontrados en el presente trabajo coinciden con Tisdale y Nelson (1982) quienes mencionan que las deficiencias de zinc, fósforo, manganeso, cobre, etc., se observan en suelos de pH elevado que provocan baja solubilidad. Camacho (1992) indica que contenidos elevados de carbonato libre, calcio extractable y pH alto afectan negativamente la concentración de Mn, Zn, Cu y Fe.

El calcio es vital para el desarrollo de zonas meristemáticas y en su deficiencia provoca el cese del crecimiento, no funciona la selectividad de la membrana para absorber iones (Carbonero, 1985) y (Cachorro *et al.* 1994). El calcio es el elemento que con mayor frecuencia aparece en los desórdenes nutricionales de la planta por ser prácticamente no translocable, esto lo hace susceptible a carencias locales y estacionales (Cánovas y Díaz, 1993).

El fierro es el elemento menos requerido por el cultivo de acuerdo con los índices DOP obtenidos en el presente trabajo y contrasta con lo expresado por la literatura, sin embargo, el material genético (Línea Navidad 1165) se caracteriza por su tolerancia a clorosis férrica dicho en otras palabras es un genotipo eficiente en la extracción o asimilación del fierro disponible, como lo demuestra el análisis de tejido y de acuerdo con los niveles propuestos para este elemento por Jones *et al.* (1991) indica que el elemento se encuentra en un nivel alto para todos los tratamientos tomando en consideración las condiciones en las cuales se estableció el presente estudio.

Componentes de rendimiento

(Davis y Evans, 1974) afirman que los componentes de rendimiento más importantes en cultivos de leguminosas son: número de vainas por planta, número de semillas por vaina y peso de semilla.

Los promedios obtenidos en el presente trabajo de las diferentes características agronómicas de frijol se muestran en el Cuadro 4.27.

Cuadro 4.27 Promedios de diferentes características agronómicas de frijol en Navidad, N. L. de 1995.

Tratamiento (clave)	Vainas por planta	Semillas por planta	Semillas por Vaina	rend/planta (g)	Peso 100 semillas (g)	Rendimiento ton/ha
EoHoSo	46.50	183.35	3.97	57.90	31.60	3.76
EoHoS1	50.95	203.40	3.96	64.18	31.70	3.52
EoH1So	44.65	172.30	3.86	54.69	31.25	3.44
EoH1S1	41.35	164.25	3.89	50.32	31.12	3.32
E1HoSo	44.95	181.60	4.04	56.99	31.32	4.04
E1HoS1	45.30	174.00	3.77	54.12	32.02	3.30
E1H1So	54.85	214.00	3.89	55.56	31.50	3.42
E1H1S1	46.60	182.35	3.91	54.84	30.85	3.81
E2HoSo	57.50	228.70	3.91	61.00	32.30	3.58
E2HoS1	52.90	214.25	3.99	66.54	31.72	3.60
E2H1So	40.55	160.45	3.95	48.69	31.45	3.25
E2H1S1	49.65	188.85	3.82	60.36	32.05	3.76
E3HoSo	38.30	153.35	4.00	47.97	30.97	3.61
E3HoS1	54.15	212.20	3.93	65.16	31.92	3.68
E3H1So	47.75	187.05	3.87	58.94	31.50	4.20
E3H1S1	45.95	179.10	3.83	53.72	32.00	3.90

Vainas por planta

En el Cuadro 4.27 se presentan los valores promedio por tratamiento para vainas por planta estos fluctuaron de 38.30 a 57.50, el valor inferior corresponde al tratamiento E3HoSo (Polvo colector) y el superior al tratamiento E2HoSo (Lodo bof), con media de 47.62 vainas por plantas y un rango de 19.20.

De acuerdo con el ANVA realizado no se encontró diferencia estadística significativa en ninguna de las fuentes de variación. (Cuadro A.24).

Semillas por planta

El número de semillas por planta varió de 153.35 a 228.70 semillas por planta, con promedio de 187.45 semillas por planta. En el Cuadro 4.27 se observan los valores promedio por tratamiento para semillas por planta y se encontró que los valores más altos se obtienen en los tratamientos E2HoSo (Lodo bof) con 228.70, seguido del E2HoS1 (Lodo bof + Estiércol) con 214.25 y el E3HoS1 (Polvo colector + Estiércol) con 212.20 semillas por planta.

De acuerdo con el análisis de varianza realizado no se encontró diferencia estadística significativa, por lo que se detecta que no hubo efecto a la aplicación (Cuadro A.24).

Semillas por vaina

En el Cuadro 4.27 se presentan los valores de semillas por vaina en promedio por tratamiento y se observa que en el tratamiento E1HoSo (Escoria bof) con 4.04 esta escoria superó a las demás, pero combinada con Estiércol se obtiene el valor más bajo que todos los tratamientos, el tratamiento E3HoSo (Polvo colector) con 4.00 y el tratamiento E2HoS1 (Lodo bof + Estiércol). Esta variable es otra característica importante en la determinación del rendimiento en frijol. El número de semillas por vaina vario de 3.77 a 4.04 con promedio de 3.91 semillas por vaina.

De acuerdo con el ANVA realizado no se encontró diferencia estadística significativa (Cuadro A.24).

Rendimiento por planta

En el Cuadro 4.27 se observan los valores promedio por tratamiento de rendimiento por planta, el más alto correspondió al tratamiento E2HoS1 (Lodo bof + Estiércol) con 66.54 g, seguido del E3HoS1 (Polvo colector + Estiércol) con 65.16 g y el tercer tratamiento más alto el EoHoS1 (Estiércol) con 64.18 g. Entre las diferentes escorias aplicadas al suelo, el Polvo colector (E3HoSo) y Escorias bof (E1HoSo) son superadas por el testigo (EoHoSo) en 9.93 y 0.91 g respectivamente. El rendimiento más bajo se obtiene en el

tratamiento E3HoSo (Polvo colector) con 47.97 g y en el EoH1S1 (Húmico + Estiércol) con 50.32 g.

De acuerdo con el ANVA realizado no se encontró diferencia estadística significativa como se observa en el Cuadro A.24.

Peso de 100 semillas

El peso de 100 semillas también está directamente involucrado en el rendimiento del frijol. Se presentó una variación de 30.85 g a 32.30 g, con promedio de 31.58 g. En el Cuadro 4.27 se presentan los valores del peso de 100 semillas en promedio por tratamiento y en cuanto al efecto individual de las escorias se aprecia que el Lodo bof (E2HoSo) presenta el valor más alto con 32.34 g, este valor es superior al resto de los tratamientos. La Escoria bof (E1HoSo) y Polvo colector (E3HoSo) son inferiores al testigo (EoHoSo). Las mejores combinaciones para esta variable son en el tratamiento E2H1S1 (Lodo bof + Húmico + Estiércol) con 32.05 g, el tratamiento E1HoS1 (Escoria bof + Estiércol) con 32.02 g y el tratamiento E3H1S1 (Polvo colector + Húmico + Estiércol) con 32.00 g.

Las Escoria bof (E1HoSo) y Polvo Colector (E3HoSo) en forma individual fueron superadas por el testigo (EoHoSo), pero con la combinación de Estiércol solo o combinado con cualquier tipo de escorias (EoHoS1, E1HoS1

E2HoS1, E3HoS1) y Estiércol combinado con Húmico y Lodo bof o Polvo colector (E2H1S1, E3H1S1) superaron al testigo.

De acuerdo con el análisis de varianza realizado no se encontró diferencia estadística significativa (Cuadro A.24).

Producción de biomasa

En la Figura 4.12 se presenta el comportamiento promedio de producción de biomasa por tratamiento en tres determinaciones, la primera a los 75 (inicio de floración), 114 (llenado de vainas) y 135 (termino de floración) días después de la siembra y se observa que el tratamiento E1H1S1 (Escoria bof + Húmico + Estiércol) presenta los valores más altos con 67.09 g y 136.29 g en los dos últimos muestreos y a los 135 días el EoHoSo (testigo) ocupa el segundo lugar en producción de biomasa con 122.24 g, seguido del tratamiento EoHoS1 (Estiércol) con 121.28 g y los tratamientos más bajos son el E1H1So (Escoria bof + Húmico) con 73.58 g y el E3HoSo (Polvo colector) 80.70 g.

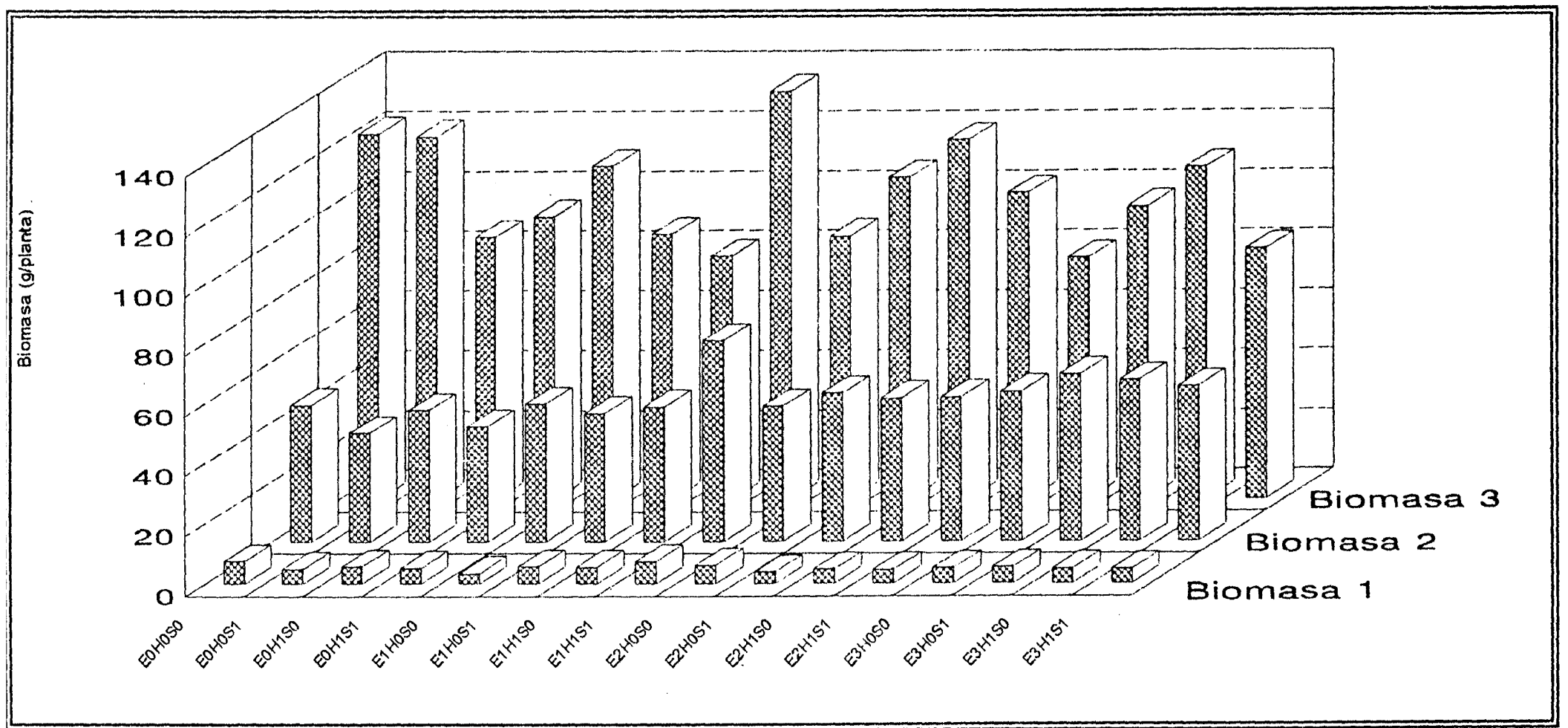


Figura 4.12 Producción de biomasa a 75, 114 y 135 días después de la siembra en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.

De acuerdo con el ANVA (Cuadro A.24) realizado solo se encontró diferencia estadística significativa en el muestreo realizado a los 114 días después de la siembra (llenado de vainas) para el factor Escoria (A), con los resultados obtenidos se corrió una prueba de diferencia mínima significativa DMS.

Los resultados de la prueba de medias para el factor Escoria (A) se muestran en el Cuadro 4.28 el cual detectó que con la aplicación de cualquier tipo de escoria la producción de biomasa se incrementa, obteniéndose mayor resultado con la aplicación de Polvo colector y Escoria bof respectivamente.

Cuadro 4.28 Prueba de DMS para la variable biomasa 2 en el factor escoria (A) evaluadas a los 114 días después de la siembra (llenado de vainas) en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	Media	
Polvo colector	52.73	A
Escoria bof	50.28	A
Lodo bof	47.59	AB
Testigo	41.15	B

Rendimiento por hectárea

En el Cuadro 4.27 se presentan los valores promedio por tratamiento para rendimiento de semilla por hectárea y se encontró que en los tratamientos que solo contienen Estiércol, Húmico y la combinación de ambos los rendimientos son inferior al testigo en 6.38, 8.51 y 11.70 por ciento respectivamente, el E2H1So (Lodo bof + Húmico) es inferior en 13.56 por ciento que el testigo por lo que estas combinaciones no presentan buenos resultados para esta variable, esto se hubiera mejorado posiblemente si la aplicación de los productos se realizara previo a la siembra.

La combinación de las diferentes Escorias con Estiércol no superan al testigo, mientras que la única combinación entre Escorias y húmicos que superó al testigo fue Polvo colector + Húmico (E3H1So) en 11.70 por ciento.

De la combinación de los tres factores en estudio se encontró que la Escorias bof y Polvo colector combinado con estiércol y húmico superaron al

testigo (EoHoSo) en 1.32, 3.72 por ciento respectivamente. Es importante mencionar que en forma individual la Escoria bof (E1HoSo) superó al testigo (EoHoSo) en 7.45 por ciento. El valor más bajo se obtiene en el tratamiento que solo contiene Lodo bof + Húmico (E2H1So).

Al respecto Jiménez (1992) menciona que las escorias contienen macro y microelementos que se incorporan al suelo como parte del sustrato de nutrición o por quelatación de las sustancias húmicas, además de su capacidad para retención de agua favorable para la incorporación de los nutrimentos a las plantas. Kovacevic *et al.* (1992) y Bekele y Hoefner (1993) mencionan que las escorias básicas incrementan el rendimiento de los cultivos. El trabajo de los últimos autores se realizó en el cultivo de cebada y en un suelo ácido.

De lo anterior se desprende que las combinaciones de polvo colector con húmicos y polvo colector con húmicos y estiércol aumentan el rendimiento como se observa en la Figura 4.13 de igual manera la combinación de Escoria bof con húmicos más estiércol y Escoria bof individual incrementan el rendimiento por hectárea y superan al testigo.

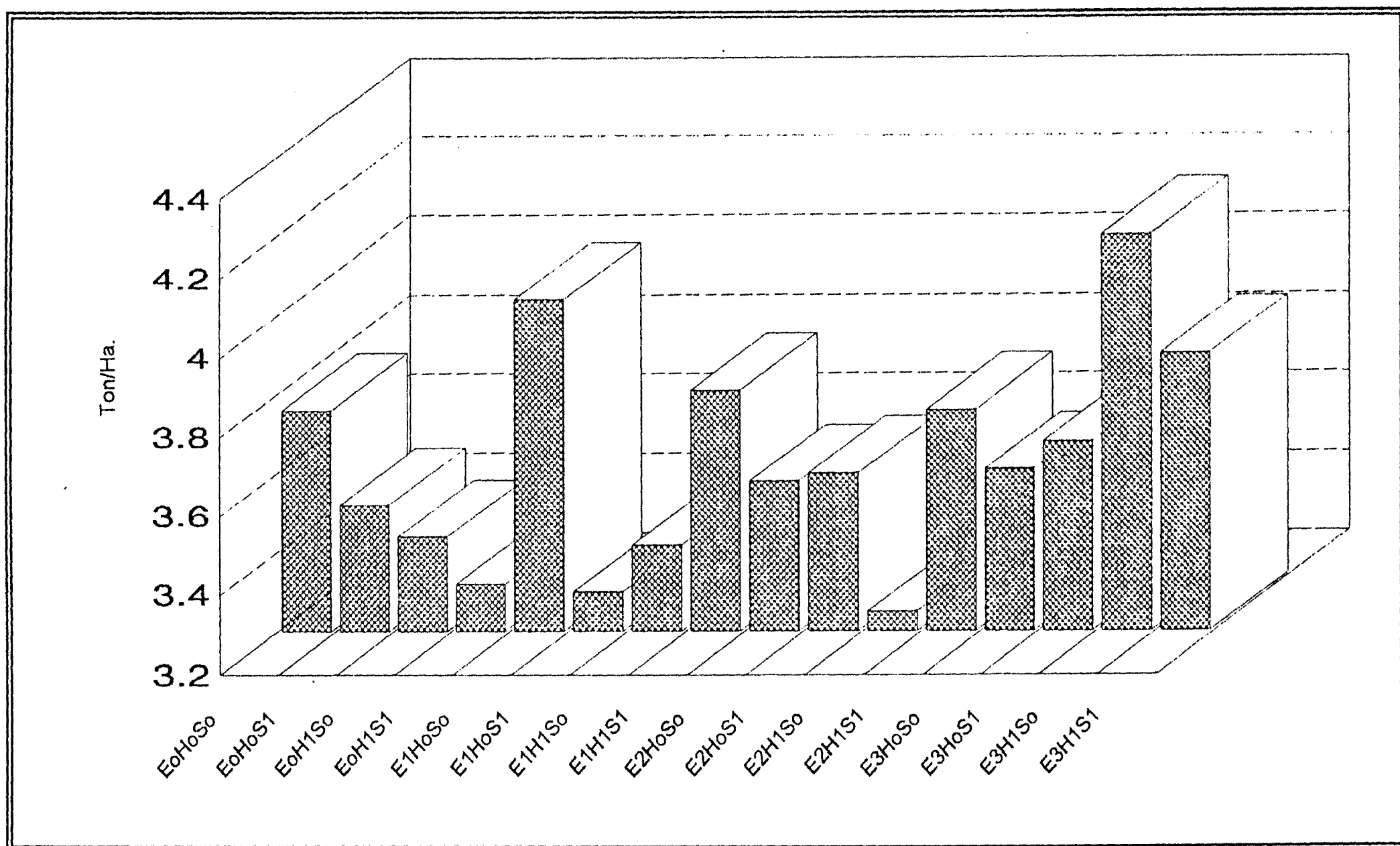


Figura 4.13 Rendimiento por hectárea en el cultivo de frijol, Navidad, N. L. 1995.

-Relación de biomasa con el rendimiento de semilla por hectárea.

En la Figura 4.14 se presenta la tendencia entre producción de biomasa y rendimiento de semilla por hectárea y se observa que al aumentar la producción de biomasa el rendimiento de semilla por hectárea disminuye. Esto es a los valores más altos de biomasa corresponden los valores más bajos de rendimiento de semilla por hectárea, es decir que el incremento de la producción de biomasa no significa necesariamente un aumento en rendimiento.

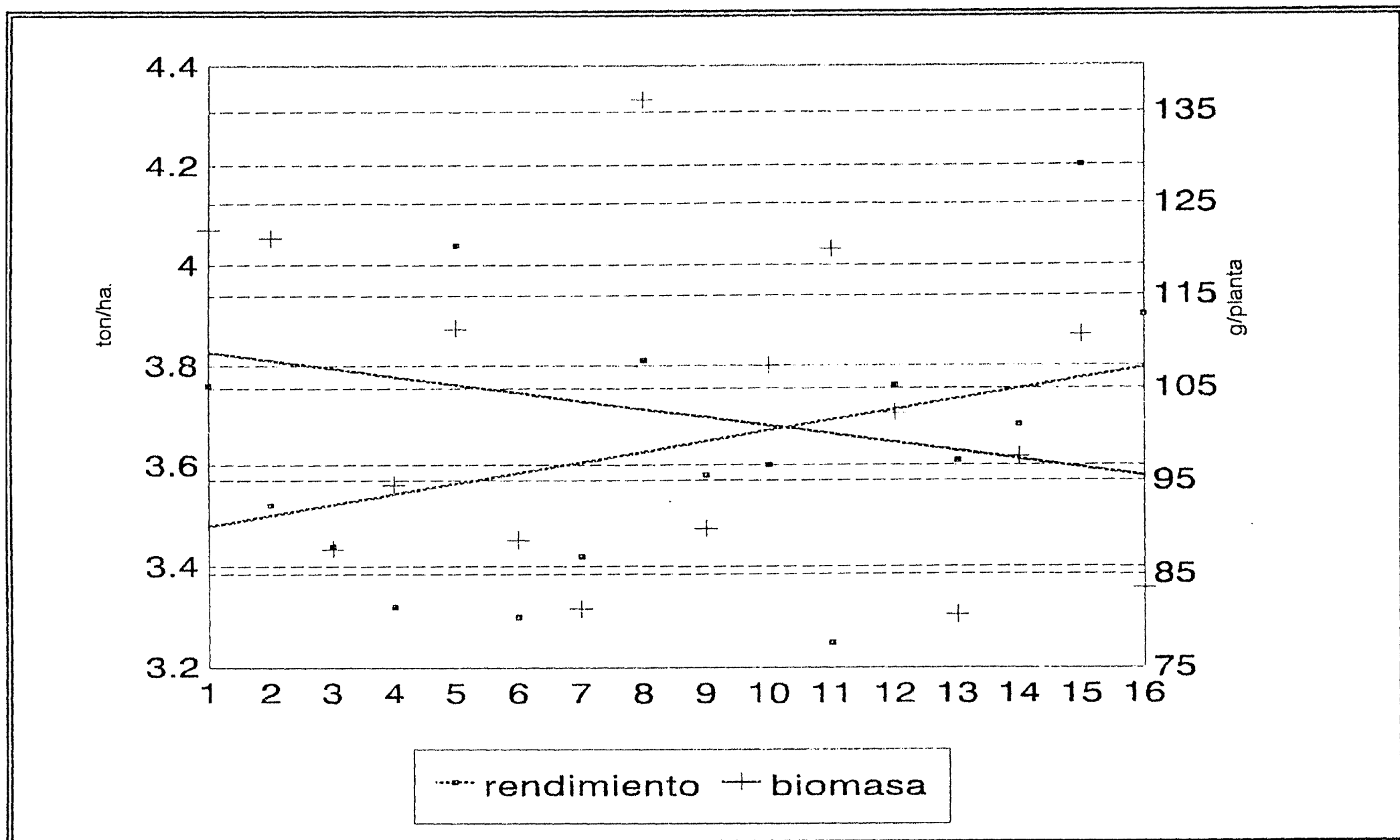


Figura 4.14 Tendencia entre producción de biomasa y rendimiento de semilla por hectárea de frijol, Navidad, N. L. 1995.

-Relación de los índices DOP con el rendimiento de semilla por hectárea.

En la Figura 4.15 se observa la tendencia de la suma de los índices DOP con el rendimiento de frijol en toneladas por hectárea, en esta Figura se aprecia que al aumentar el índice DOP disminuye el rendimiento de semilla. En el tratamiento EoH1So se obtiene el índice más alto (650.12) y el rendimiento ocupa el lugar número cinco dentro de los más bajos (3.44 ton/ha). El segundo índice más bajo en el tratamiento E3H1S1 (Polvo colector + Húmico + Estiércol) proporciona el tercer mejor rendimiento con 3.90 ton/ha.

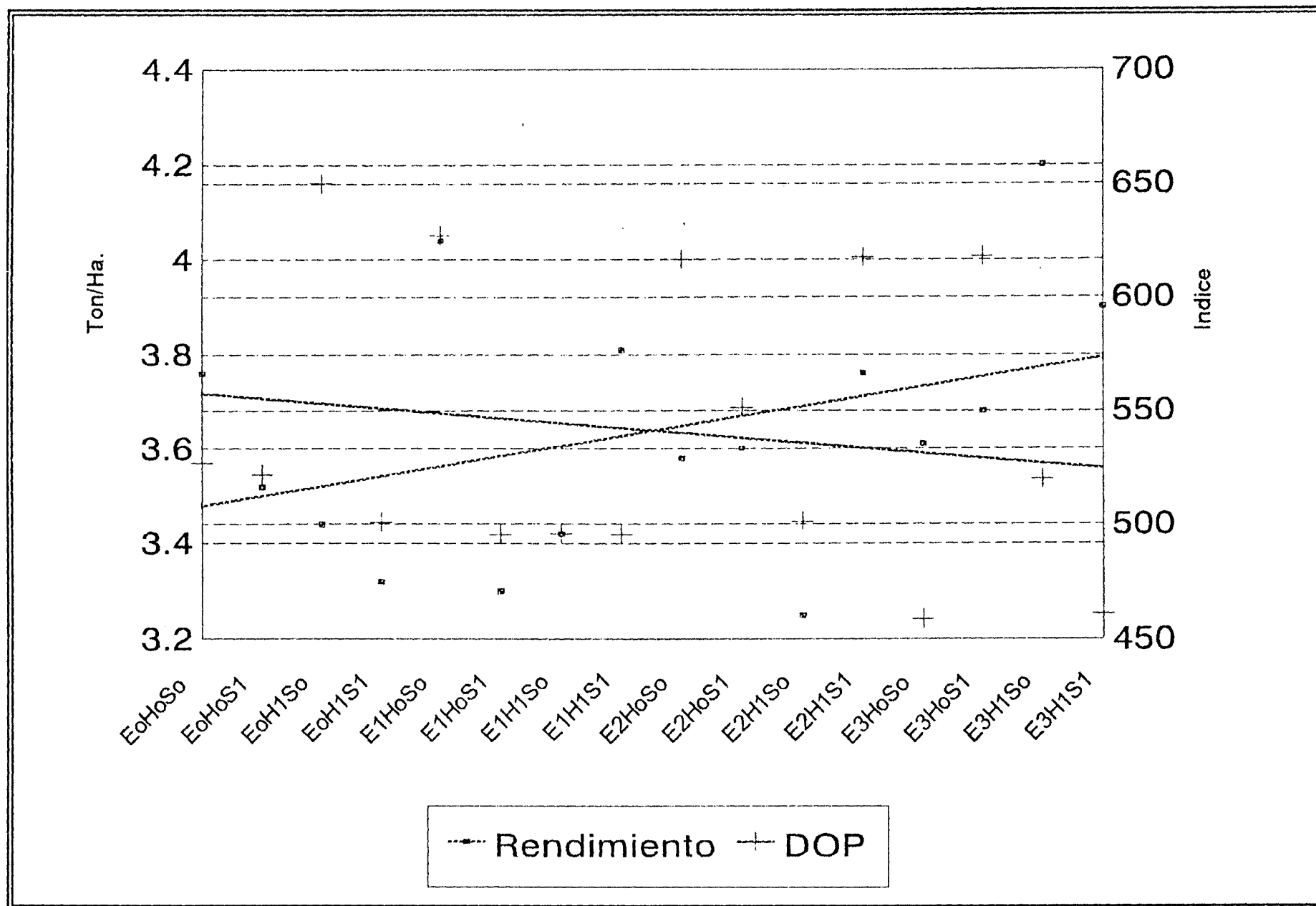


Figura 4.15 Tendencia de los índices DOP con el rendimiento de frijol en ton/ha. Navidad, N. L. 1995.

En el Cuadro 4.29 se presentan los promedios por cada uno de los factores en estudio solos y la combinación de Húmico y Estiércol con relación al índice DOP y el rendimiento de grano por hectárea.

Cuadro 4.29 Valores promedio para cada factor en estudio en relación al índice DOP y rendimiento de grano por hectárea de frijol, Navidad, N. L. 1995.

Tratamiento	índice DOP	Rendimiento
EoHoSo	526.29	3.77
E1HoSo	627.29	4.05
E2HoSo	616.81	3.57
E3HoSo	458.68	3.52
EoH1So	650.30	3.44
EoHoS1	522.00	3.42
EoH1S1	500.87	3.33

De acuerdo con el Cuadro anterior al aplicar Húmico solo se obtiene el índice más alto y el segundo rendimiento más bajo, al aplicar Estiércol solo el índice es menor y un poco mayor el rendimiento que el anterior, con la combinación de ambos se reduce el índice y el rendimiento disminuye en relación a los anteriores. Para el caso de las escorias el comportamiento es diferente, la Escoria bof sola presenta el índice más alto con un incremento en rendimiento. El Polvo colector presenta índices más bajos y rendimiento bajo en comparación con las escorias, por otro lado el testigo se encuentra con un índice DOP medio y ocupa el segundo lugar en rendimiento.

Correlaciones

Los coeficientes de correlación entre las características agronómicas en frijol son presentadas en el Cuadro 4.30.

Cuadro 4.30 Correlación fenotípica para diferentes características agronómicas de frijol. Navidad, N. L. 1995.

Carácter	Rendimiento por planta	Vainas por planta	Semillas por planta	Semillas por vaina	Peso de 100 semillas	Biomasa
Rendimiento por hectárea	0.2948 NS	0.1104 NS	0.1192 NS	0.1616 NS	0.0025 NS	0.2665 NS
Rendimiento por planta		0.8149 **	0.8297 **	0.1253 NS	0.5404 *	0.2201 NS
Vainas por planta			0.9881 **	-0.0711 NS	0.6245 **	-0.0608 NS
Semillas por planta				0.0604 NS	0.05816 *	-0.0256 NS
Semillas por vaina					-0.3910 NS	0.3684 NS
Peso 100 semillas						-0.2777 NS
Biomasa						

** significativo al nivel de 0.01

* significativo al nivel de 0.05

NS no significativo.

Rendimiento por planta tiene una correlación positiva y altamente significativa con vainas por planta, semillas por planta y correlación positiva y significativa con peso de 100 semillas. También Cortinas (1985) en un estudio realizado en dos localidades encontró correlación positiva y altamente significativa entre los anteriores componentes lo cual concuerda con el presente trabajo, Sánchez (1981) encontró correlación positiva entre rendimiento y peso de 100 semillas, Hernández (1990) en un estudio realizado través de tres años en Fco. I Madero, Dgo. y Calera, Zac. encontró que el rendimiento se correlación con vainas por planta y semillas por planta. Por el contrario García (1984) y Sánchez (1988) no encontraron correlación entre rendimiento y peso de 100 semillas.

Vainas por planta presenta correlación positiva y altamente significativa con semillas por planta y peso de 100 semillas. Lo anterior concuerda con Cortinas (1985) y Sánchez (1981) encontraron correlación entre vainas por planta y peso de 100 semillas coincide con el presente trabajo, mientras que García (1984) que encontró correlación negativa altamente significativa con peso de 100 semillas y Sánchez (1988) no encontró correlación para estas variables.

Semillas por planta presenta correlación positiva y significativa con peso de 100 semillas, sin embargo Hernández (1990) reporta lo contrario a lo obtenido en el presente trabajo.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones.

La incorporación de Escorias, Húmicos y Estiércol al suelo cultivado con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) generan cambios en las características físicas y químicas del suelo.

- a) Incremento de M.O., C.E., N, K, Ca, Mg,
- b) Disminución de carbonatos totales.

La aplicación de escorias no incrementó significativamente los valores de pH.

El análisis foliar presentó un nivel alto para fierro y nivel bajo para fósforo en la concentración de los tejidos y los tratamientos utilizados no modificaron sensiblemente estas variables.

El orden de requerimiento de nutrimentos determinado por el DOP en etapa de floración (al 50 por ciento) fue el Zn, P, Mg, Ca, K y Fe. En los tratamientos EoHoSo y E3H1S1 el orden de requerimiento es P, Mg, Zn, Ca, K y

Fe. En el tratamiento E2H1S1 el orden de requerimiento es primero el Ca que el Mg y en el E2H1S1 el Mg es primero que el P y Ca en relación al orden inicial.

La aplicación de cualquier tipo de escoria usadas en el estudio incremento la producción de biomasa.

El incremento en la producción de biomasa no significó necesariamente un aumento en rendimiento.

Los mejores tratamientos en cuanto a rendimiento de semilla por ha fueron el E3H1So (Polvo colector + Húmico) y el E1HoSo (Escoria bof), no de manera estadística.

El tratamiento que mostró menor rendimiento de semilla por hectárea fue el (E2H1So), que contenía Lodo bof más Húmico.

La aplicación de Escoria bof (E1HoSo) en forma individual proporciona el mayor rendimiento por hectárea.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el ciclo agrícola primavera - verano de 1995, estableciéndose esta en el Campo Agrícola Experimental "Ing. Humberto Treviño Siller" perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Navidad, Nuevo León.

Los objetivos de esta investigación fueron determinar el efecto de escorias, estiércol y bioactivador húmico e interacciones sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos calcáreos, así como medir el efecto de estos productos sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de frijol, utilizándose la línea Nav - 1165 individual (tipo pinto americano). El estudio se realizó bajo la combinación de tres factores; estos fueron: tipos de escorias (Escorias bof, Lodo bof y Polvo colector 19300) con dosis de 500 kg/ha, estiércol ovino y bioactivador húmico (Humi K-900) con dos niveles de 0 - 2 ton/ha y 0 - 5 kg/ha respectivamente. Se evaluaron características edafológicas, siendo éstas las propiedades físicas y químicas del suelo como: densidad aparente, materia orgánica, carbonatos totales, reacción del suelo (pH), conductividad eléctrica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, fierro y zinc, también algunos caracteres de cultivo como: análisis foliar con los elementos fósforo, potasio, calcio, magnesio, fierro y zinc, rendimiento por

planta, rendimiento por hectárea, vainas por planta, semillas por vaina, semillas por planta, peso de 100 semillas y biomasa.

El diseño experimental utilizado fue un bloques al azar con cuatro repeticiones, los tratamientos se obtuvieron de un factorial 4 x 2 x 2, en él se analizaron los parámetros antes mencionados con respecto a las fuentes de variación, los tratamientos se aplicaron en banda a un costado del hilo de siembra y posteriormente fueron cubiertos con tierra.

En las propiedades físicas y químicas del suelo no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y solo se observó tendencias en los carbonatos totales a disminuir y en materia orgánica, conductividad eléctrica nitrógeno, potasio, calcio y magnesio a incrementar.

Para el análisis foliar no se observó diferencia estadística significativa entre las fuentes de variación con respecto a los parámetros analizados en este punto.

En el nuevo índice de la Desviación del Porcentaje Optimo (DOP) el orden de requerimiento para los nutrimentos en la mayoría de los tratamientos fue el zinc, fósforo, magnesio, calcio, potasio y fierro. En los tratamientos (EoHoSo) testigo y (E3H1S1) polvo colector con húmico más estiércol el orden es fósforo, magnesio, zinc, calcio, potasio y fierro.

El tratamiento (E3H1So) que contiene polvo colector más húmico, fue el que obtuvo el rendimiento máximo superando al testigo en un 11.70 por ciento; además se observó que con la aplicación de cualquier tipo de escoria se incrementó la producción de biomasa más no la así el rendimiento. En variables evaluadas en planta no se encontró diferencia estadística significativa.

Existieron correlaciones significativas y positivas entre rendimiento por planta con vainas por planta, semillas por planta y peso de 100 semillas, entre vainas por planta con semillas por planta y peso de 100 semillas, así mismo entre semillas por planta con peso de 100 semillas.

LITERATURA CITADA

- Abbot, J.L. 1973. Persistence of manure phosphorus availability in calcareous soils. Soil Sci. Soc. Amer.Proc.37
- Agbin, N.M. 1981. Interaction of phosphorus, magnesium and zinc affecting the iron content of maize. J. Agr. Sci. Cambridge. 97.
- Aguilar, S.M. 1986. Efecto en la tensión hídrica edáfica en diferentes etapas en diferentes etapas de desarrollo sobre el crecimiento de *Phaseolus acutifolius* var. *latifolius* F. y *Phaseolus vulgaris* L. Tesis M.C. UANL.
- Andrade, H.M.C. 1995. Balance nutricional y un bioactivador húmico en un suelo calcáreo cultivado con papa (*Solanum tuberosum* L.) en Arteaga, Coahuila. Tesis M.C. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Armas, U.R., Ortega, D.E. y Rodes, G.R. 1988. Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Bartolini, C. 1989. La Fertilidad de los Suelos. Terreno, planta, fertilizantes. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Basak, R.K and Debnath, N.C. 1986. Dissolution of rock phosphates and basic slag in an acid soil as influenced by their rate of application and moisture regimes. Agric. Chem. and Soil Sci., 4: 4, 625-629; 12 ref., 2 tab.
- Bekele, T. and Hoefner,W. 1993. Effects of de different phosphate fertilizers on yield of barley and rape seed on reddish brown soils of the Ethiopian highlands. Fertilizer research 34(3).
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. AGT Editor, S. A. México.
- Brown, J.C. 1981. Iron clorosis in plants. Adv. in Agron. 13.
- Buckman, O.H. y Brady, C.N. 1985. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Edit. UTHEA. México, D.F.
- Cachorro, P., Ortiz, A. and Cerdá, A. 1994. Implications of Calcium nutrition on the response of *Phaseolus Vulgaris* L. to salinity. Plant and Soil. v. 159.

- Cajuste, L.J. 1977. Química de suelos. Rama de suelos. C.P. Chapingo, Méx.
- Camacho, M.R. 1992. Selección de métodos químicos de suelos para diagnosticar el estado de los micronutrientes en el suelo. Tesis de M. C. en Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.
- Cánovas, M.F. y Díaz, A.J.R. 1993. Cultivos sin Suelo. Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA. Almeria, España.
- Carbonero, Z.P. 1985. Química del Suelo y los Fertilizantes. Monografía. Cátedra XVI. Bioquímica y Química Agrícola. Madrid, España.
- Casanova, E.; Pérez, M.J.; Flores, M. 1993. Agronomic evaluation of phosphate rock and slag on an Upata acid soil in Bolivar State, Venezuela. Communications in Soil Science and Plant Analysis 24 (7-8)
- Castellanos, R.J. 1985. El medio ambiente físico del suelo y su modificación mediante la aplicación de materia orgánica. Serie Temas Didácticos. Pub. 2.
- Chen, V. y P. Barak. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. Adv. in Agron. 35.
- Cortinas E.H.M. 1985. Determinación del grado de clorosis y su relación con características agronómicas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis M.C. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Davis, H.H.C. y A.M. Evans .1974. Selection using plant tupe caracteres in navy beans (*Phaseolus vulgaris* L.) J. Agric. Sci. Camb. 89:341-348.
- Debnath, N.C. and Basak, R.K.1986. Evaluation of the fertilizer value of some indigenous rock phosphates and basic slag of India. Fert-Res. Dordrecht Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers. 1986. v. 8 (3) p. 241-248.
- Díaz M., F. 1974. Estudio preliminar sobre algunos componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Tesis M.C. Chapingo, México.
- Donahue, R.L., Miller, W.R. and Shickluma, C.J. 1992. Soils an Introduction to Soils and Plant Growth. Editorial Prentice-Hall, Inc. USA.
- Duarte, A.R. and M.W Adams. 1972. A path coefficient analysis of some yield component interrelation in field beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Crop Sci. 12:579-582.

- Edmond, J.B. Senn, T.L. y Andrews F.S. 1984. Principios de Horticultura. Editorial Continental. México.
- Egmond, F.V. and M. Atakas. 1977. Iron-nutrition aspects of the ionic balance of plants. *Plant and soil* 48. United States of America.
- Finck, A. 1985. Fertilizantes y Fertilización. Fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Editorial Reverté, S. A. España.
- Flaig, W., B. Nagar, H. Sochtig and C.Tietjen. 1977. Organic materials and soil productivity. *Soil bulletin* No. 35 FAO. Rome, Italy.
- Froehlich, D.M. and W.R. Fehr. 1983. Agronomic performance of soybeans with differing levels of iron deficiency chlorosis in calcareous soil. *Crop Sci.* 21 United States of America.
- García, S.A. 1984. Estabilidad de los componentes primarios de rendimiento de frijol sobre diversos ambientes. Tesis M.C. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Hernández O.J.L. 1990. Adaptación y estabilidad en 15 genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Calera, Zac., y Francisco I. Madero, Dgo. Tesis M.C. UAAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Howeler, R.H. 1983. Análisis del Tejido Vegetal en el Diagnóstico de Problemas Nutricionales. Algunos cultivos tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1994. Principales cultivos alimentarios de México: arroz, frijol, maíz y trigo. VII Censo Agropecuario, 1991. Aguascalientes, Ags. México.
- Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INIA). 1977. Frijol, su cultivo en México, Folleto No. 53 México.
- Jiménez, G.S. 1992. Fertilizantes de liberación lenta. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Jones Jr J.B., Wolf B. and Mills H. 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing Inc. Athens, Georgia, USA.
- Kambal, A.E. 1969. Components of yield in field beans *Vicia faba* L. *J. Agric. Sci., Camb.* 72:357-63.

- Khalil, R.A and El-Shinnawi, M.M. 1989. Humification of organic matter in soil affecting availability of phosphorus from its mineral compounds. *Soil Sci., Fac. Agric., Menufiya Univ., Shibin El-Kom, Egypt.* 3: 1, 77-84; 22 ref.
- Kovacevic. V.; Zugec, I and Juric, I. 1992. Response of maize to application of phosphate fertilizers with different solubilities on a pseudogley in Slavonia. *Znanost Praksa Poljoprivredi Prehrambenoj Tehnologiji.* 1992, 22:1.
- Kretzchmar, R., Robarge, W.P. and Weed, S.B. 1993. Flocculation of soil clays: effects of humic substances and iron oxides. *Soil Sci. Soc. Am.* v. 57 (5).
- León A., R. y A. Aguilar. 1987. Materia orgánica. En: *Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo Aguilar et al. De. SMCS. Publicación Especial No.1, Chapingo, Méx.*
- Lindsay, W.L. and W.A. Norvell, 1983. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*
- MacCarthy, P., C.E. Clapp., R.L Malcolm and P.R. Bloom 1990. Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings. Editor R.C. Dinanuer, Madison, Wisconsin, USA.
- Mathers, A.C., J.D. Thomas, B.A. Stewart and J.E. Herring. 1980. Manure and inorganic fertilizer effects on sorghum and sunflower growth on iron deficient soil. *Agron J.* 72.
- Mench, M.J.; Didier, V.L.; Loffler, M.; Gomez, A. and Masson, P. 1994. A mimicked in-situ remediation study of metal-contaminated soils with emphasis on cadmium and lead. *J-environ qual.* Madison: American Society of Agronomy, Jan/Feb 1994. V.23 (1).
- Montañes, L., Heras, L., Abadía, J. and Sanz, M. 1993. Plant Analysis Interpretation Based on New Index: Deviation From Optimum Percentage (DOP). *Journal of Plant Nutrition*, 16(7).
- Mortvedt, J.J., P.M. Giordano y W.L. Lindsay. 1983. (Comp) Micronutrientes en agricultura. AGT De. México.
- Narro, F.E. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola. Editorial Trillas, México.
- Narro, F.E. 1995. Nutrición y Sustancias Húmicas en el Cultivo de Papa. Memorias del congreso Nacional de Productores de Papa. Saltillo, Coahuila.

- Olsen, S.R. 1972. Micronutrients interactions. In: Micronutrients in Agriculture. Edited by J.J. Morvedt, *et al.* Soil Sci. Soc. of America. Madison, Wisconsin, Usa.
- Omega Agroindustrial 1989. Dirección de Investigación y Desarrollo. UAAAN. Saltillo, Coahuila. México S. A. de C. V.
- Ortega, B.C., y J.G. Delas. 1988. Influencia de diferentes factores del suelo sobre su contenido en micronutrientos asimilables Mn, Fe, Cu y Zn. Análisis de Edafología y Agrobiológico.
- Ortíz, V.B. 1977. Fertilidad de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Ostle, B. 1988. Estadística Aplicada. técnica de la estadística moderna, cuando y donde aplicarlas. Editorial Limusa, México.
- Papadukis, A.I.G.J. 1979. Fertilizantes. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina.
- Persons B.,D. 1991. Frijol y Chícharo. Manual para Educación Agropecuaria, Trillas. México.
- Piccolo, A. and Mbagwu, J.S.C. 1994. Humic substances and surfactants effects on the stability of two tropical soil Sci. Soc. Am. 58 (3).
- Rahman, S.; Khan, H.R. and Rahman M.M. 1991. Tissue concentration of nutrients and quality of rice grains as influenced by various amendments in an acid sulfate soils. Dhaka University Studies Parte Biological Sciences 6(2).
- Razeto, M.B. 1991. La Nutrición Mineral de los Frutales. Deficiencias y Excesos. Soquimich Comercial S.A. (SQMC). Chile.
- Romo, G.C. 1955. Primera asamblea latinoamericana de la ciencia del suelo, El programa de suelos de la Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Ed. Secretaría de Agricultura y Ganadería folleto misceláneo No.5 México D.F.
- Salinas G., G.E. 1982. Comportamiento de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*) Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo , México.
- Sánchez, V. 1981. Uso de parámetros de estabilidad como criterio de selección de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) para regiones de baja

precipitación Tesis de Licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Sánchez, V. Y. 1988. El papel de los componentes del rendimiento potencial del sistema radical y sus implicaciones en el mejoramiento genético de frijol tepary (*Phaseolus vulgaris* A. Gray) bajo temporal. Tesis M.C. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
- Slack, T.E. and Morrill, L.G. 1972. A comparison of a large - seeded (NC₂) and Small - seded (Starr) peanut (*Arachis hipogea* L.) cultivar as affected by levels of calcicum added to the fruit zone. Soil Sci. Am. Proc. 36, 87-90.
- Stievitz K.D.1982. Chemical nature and solubility of ammoniated superphosphates and other phosphates. J-Am-Soc-Agron. Madison, Wis. American Society of Agronomy. v. 23 (10) p. 771-787.
- Tarchitzky, J. Chen, Y. and Banin, A. 1993. Humic sustances and pH sodium- and calcium- montmorillonite flocculation and dispersion. SSSAJ 57 (2).
- Thompson, L.M. and F.R. Troeh. 1980. Soils and soil fertility. 4th edition. McGraw Hill.
- Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial Uteha. México, D. F.
- Udo, E.J., N.L. Bhon and T.C. Tucker. 1970. Zinc adsorption by calcareous soil. Soil Sci. Soc. Amer. Prec. 34.
- Uvalle, B., J.X.; García A., M.A.; y Rubio S.L.M. 1987. Micronutrimientos. En Análisis químico para evaluar la Fertilidad del suelo. Editores Aguilar, Echeverts y Castellanos. Publicación Especial No.1 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.
- Van der Watt, H.v.H., Barnard, R.O., Cronje, I.J., Dekker, J. Croft, G.J.B., Van der Watt, M.M. 1991. Amelioration of subsoil Acidity by application of a coal-deriverd calcium fulvate to the soil surface. Nature. London: Macmillan Magazines Ltd v. 350 (6314).
- Vaughan,D., L. Nicolao. M. Ferreti, N. Rascio and Ghisi, R. 1981. Effect of sustances on enzyme activities of sulphate assimilation and chloroplast ultraestructure of maize leaves. Photosynthetica 1.
- Vega, S.P. 1987. Estudio comparativo de dos mejoradores de suelo en híbridos de maíz (*Zea mays*, L.) bajo diferentes condiciones de humedad. Tesis M.C. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.

Wallace, A., R.T. Muller and G.V. Alexander. 1978. Influence of phosphorus on zinc, iron, manganese and copper uptake plants. Soil Sci. 126.

Yona, C. and Tsila A. 1990. Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings. Editor R.C. Dinanuer, Madison, Wisconsin, USA.

APENDICE

Cuadro A.1 Promedio de los factores de las diferentes variables evaluadas en suelo a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. Primavera 1995.

Variable Evaluada	Testigo	Escoria (A)			Húmicos (B)		Estiércol (C)	
		Escoria bof	Lodo bof	Polvo colector	Sin Húmicos	Con Húmicos	Sin Estiércol	Con Estiércol
pH	7.95	7.95	7.96	7.97	7.95	7.96	7.96	7.95
Da g/cm ³	1.03	1.02	1.03	1.03	1.02	1.03	1.03	1.03
C.E. dS/m	2.71	2.63	2.65	2.68	2.66	2.67	2.66	2.67
M.O %	2.24	2.28	2.26	2.26	2.25	2.27	2.23	2.28
CO ₃ %	86.32	86.49	86.56	86.46	86.33	86.56	86.46	86.45
N %	0.23	0.24	0.24	0.24	0.23	0.24	0.24	0.24
P %	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10
K %	0.37	0.35	0.35	0.37	0.36	0.36	0.36	0.36
Ca %	25.02	24.85	25.53	25.43	25.40	25.01	25.18	25.24
Mg %	1.70	1.71	1.71	1.76	1.73	1.71	1.74	1.70
Fe ppm	11825.0	11375.0	12118.8	12537.5	11637.5	12290.6	11912.5	12015.6
Zn ppm	88.75	92.52	78.13	86.25	86.25	86.56	85.94	86.88

Cuadro A.2 Medias de la interacción escoria y Húmicos (A x B) de diferentes variables evaluadas en suelo los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. Primavera 1995.

Tratam.	pH	Da	C.E.	M.O.	CO ₃	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
Clave		g/cm ³	dS/m	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
EoHo	7.94	1.03	2.79	2.18	86.12	0.23	0.08	0.37	24.98	1.66	11400.0	88.75
EoH1	7.95	1.04	2.62	2.29	86.52	0.24	0.09	0.37	25.04	1.72	12250.0	88.75
E1Ho	7.96	1.02	2.62	2.30	86.32	0.24	0.08	0.34	25.41	1.74	11125.0	95.00
E1H1	7.94	1.02	2.64	2.24	86.64	0.23	0.09	0.34	24.29	1.68	11625.0	90.00
E2Ho	7.95	1.02	2.59	2.25	86.57	0.24	0.08	0.35	25.41	1.72	11562.5	83.75
E2H1	7.96	1.04	2.71	2.25	86.54	0.24	0.09	0.34	25.64	1.69	12675.0	72.50
E3Ho	7.93	1.03	2.64	2.24	86.39	0.23	0.09	0.35	25.79	1.78	12462.5	77.50
E3H1	7.99	1.03	2.72	2.28	86.52	0.24	0.10	0.37	25.06	1.73	12612.5	95.00

Cuadro A.3 Medias de la interacción escoria y estiércol (A x C) de diferentes variables evaluadas en suelo a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. Primavera 1995.

Tratam.	pH	Da	C.E.	M.O.	CO ₃	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
Clave		g/cm ³	dS/m	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
EoSo	7.96	1.02	2.71	2.19	86.10	0.23	0.08	0.38	25.42	1.75	11875.0	87.50
EoS1	7.94	1.04	2.70	2.27	86.54	0.24	0.09	0.35	24.61	1.64	11775.0	90.00
E1So	7.96	1.02	2.68	2.21	86.02	0.23	0.07	0.33	24.29	1.64	11262.5	87.50
E1S1	7.93	1.02	2.59	2.34	86.94	0.25	0.10	0.35	25.41	1.77	11487.5	97.50
E2So	7.97	1.04	2.56	2.24	86.59	0.23	0.08	0.34	25.39	1.74	12050.0	78.75
E2S1	7.94	1.03	2.73	2.27	86.52	0.24	0.09	0.35	25.66	1.68	12187.5	77.50
E3So	7.95	1.03	2.69	2.28	87.11	0.24	0.09	0.36	25.60	1.80	12462.5	90.00
E3S1	7.97	1.03	2.66	2.24	85.80	0.23	0.10	0.37	25.25	1.71	12612.5	82.50

Cuadro A.4 Medias de la interacción Húmicos y estiércol (B x C) de diferentes variables evaluadas a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. Primavera 1995.

Tratam.	pH	Da	C.E.	M.O.	CO ₃	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
Clave		g/cm ³	dS/m	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
HoSo	7.96	1.03	2.60	2.22	86.43	0.23	0.08	0.36	25.45	1.77	11625.0	90.62
HoS1	7.93	1.02	2.72	2.27	86.27	0.24	0.09	0.35	25.35	1.68	11650.0	81.87
H1So	7.96	1.03	2.72	2.24	86.48	0.23	0.08	0.34	24.90	1.70	12200.0	81.25
H1S1	7.96	1.04	2.62	2.29	86.63	0.24	0.10	0.37	25.11	1.71	12381.3	91.87

Cuadro A.5 Medias de los tratamientos de diferentes variables evaluadas en suelo a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. Primavera 1995.

Tratam.	pH	Da	C.E.	M.O.	CO ₃	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
Clave		g/cm ³	dS/m	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
EoHoSo	7.96	1.02	2.69	2.13	85.95	0.22	0.08	0.40	25.48	1.76	11650.0	95.00
EoHoS1	7.93	1.04	2.90	2.23	86.30	0.24	0.07	0.33	24.48	1.56	11150.0	82.50
EoH1So	7.96	1.02	2.73	2.26	86.25	0.24	0.08	0.36	25.35	1.74	12100.0	80.00
EoH1S1	7.95	1.05	2.51	2.31	86.79	0.24	0.09	0.37	24.73	1.71	12400.0	97.50
E1HoSo	7.98	1.02	2.70	2.19	85.85	0.23	0.07	0.33	25.22	1.66	10975.0	97.50
E1HoS1	7.93	1.02	2.55	2.42	86.79	0.26	0.10	0.35	25.60	1.81	11275.0	92.50
E1H1So	7.94	1.02	2.65	2.23	86.20	0.23	0.07	0.33	23.35	1.62	11550.0	77.50
E1H1S1	7.94	1.03	2.63	2.26	87.09	0.24	0.10	0.36	25.22	1.74	11700.0	102.5
E2HoSo	7.98	1.03	2.44	2.31	86.84	0.24	0.08	0.34	25.48	1.76	11600.0	85.50
E2HoS1	7.93	1.01	2.73	2.20	86.29	0.23	0.09	0.37	25.35	1.69	11525.0	82.50
E2H1So	7.96	1.04	2.68	2.16	86.35	0.23	0.07	0.34	25.31	1.71	12500.0	72.50
E2H1S1	7.96	1.05	2.73	2.35	86.74	0.25	0.09	0.34	25.98	1.66	12850.0	72.50
E3HoSo	7.93	1.04	2.56	2.25	87.09	0.24	0.09	0.38	25.60	1.88	12275.0	85.00
E3HoS1	7.93	1.03	2.71	2.23	85.70	0.23	0.09	0.33	25.98	1.67	12650.0	70.00
E3H1So	7.98	1.03	2.82	2.32	87.14	0.24	0.10	0.34	25.60	1.72	12650.0	95.00
E3H1S1	8.01	1.03	2.61	2.25	85.90	0.24	0.10	0.40	24.52	1.75	12575.0	95.00

Cuadro A.6 Cuadrados medios y coeficientes de variación de diferentes variables evaluadas en suelo a los 75 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Fuente Variación	Bloques	Factor A	Factor B	Factor C	A x B	A x C	B x C	A x B x C	Error	C.V. %
gl	3	3	1	1	3	3	1	3	45	
pH	0.0626 **	0.0008	0.0034	0.0039	0.0042	0.0012	0.0046	0.0006	0.0039	0.79
Da g/cm ³	0.0014 *	0.0004	0.0011	0.0002	0.0007	0.0007	0.0007	0.0002	0.0004	1.88
C.E. dS/m	0.4092 **	0.0171	0.0017	0.0019	0.0692	0.0466	0.1981 *	0.0593	0.0369	7.19
M.O. %	0.8496 **	0.0050	0.0087	0.0401	0.0205	0.0215	0.0000	0.0447	0.0232	6.74
CO ₃ %	3.6146	0.1146	0.5000	0.0000	0.1979	3.7083	0.4688	0.1458	1.6875	1.50
N %	0.0100 **	0.0000	0.0000	0.0009	0.0002	0.0003	0.0000	0.0005	0.0003	7.22
P %	0.0009	0.0004	0.0007	0.0022 *	0.0001	0.0008	0.0002	0.0003	0.0004	20.84
K %	0.0134 **	0.0024	0.0000	0.0005	0.0007	0.0025	0.0059 *	0.0036	0.0016	11.04
Ca %	5.2747	1.6875	2.4805	0.0742	1.6563	2.8060	0.3516	1.5899	2.0159	5.63
Mg %	0.1181 **	0.0123	0.0054	0.0172	0.0124	0.0504 *	0.0396	0.0163	0.0151	7.15
Fe ppm	19841706.0*	3835221.3	6825984.0*	171008.0	701781.3	79189.3	96256.0	316074.7	1619854.3	10.64
Zn ppm	2330.72 **	593.23	1.56	14.06	609.89	214.06	1501.56	176.56	559.62	27.38

** significativo al nivel de 0.01

* significativo al nivel de 0.05

no significativo.

Cuadro A.7 Promedio de los factores de las diferentes variables evaluadas en suelo a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. Primavera 1995.

Variable Evaluada	Testigo	Escoria (A)			Húmicos (B)		Estiércol (C)	
		Escoria bof	Lodo bof	Polvo colector	Sin Húmicos	Con Húmicos	Sin Estiércol	Con Estiércol
pH	7.96	7.96	7.95	7.94	7.94	7.96	7.95	7.95
Da g/cm ³	1.06	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
C.E. dS/m	2.49	1.421.44	1.40	2.43	2.44	2.44	2.44	2.44
M.O %	2.56	2.63	2.55	2.41	2.57	2.50	2.52	2.55
CO ₃ %	81.41	82.03	81.98	81.32	81.96	81.41	81.41	81.96
N %	0.27	0.28	0.27	0.25	0.27	0.26	0.27	0.27
P %	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
K %	0.30	0.33	0.31	0.30	0.33	0.30	0.31	0.31
Ca %	28.69	28.53	27.89	28.92	27.90	29.12	28.44	28.57
Mg %	1.65	1.69	1.69	1.70	1.68	1.68	1.70	1.67
Fe ppm	13762.5	14812.5	14150.0	14668.8	14390.6	14306.3	14262.5	14434.4
Zn ppm	76.25	85.00	73.75	68.13	77.81	73.75	76.88	74.69

Cuadro A.8 Medias de la interacción escoria y Húmicos (A x B) de diferentes variables evaluadas en suelo los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. Primavera 1995.

Tratam.	pH	Da	C.E.	M.O.	CO ₃	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
Clave		g/cm ³	dS/m	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
EoHo	7.95	1.06	2.43	2.56	81.00	0.27	0.10	0.30	28.79	1.65	13787.5	78.75
EoH1	7.95	1.07	2.55	2.55	81.82	0.27	1.10	0.29	28.58	1.65	13737.5	73.75
E1Ho	7.94	1.08	2.44	2.64	81.32	0.28	0.10	0.34	28.17	1.68	15175.0	90.00
E1H1	7.97	1.07	2.40	2.61	82.74	0.27	0.09	0.31	28.87	1.69	14450.0	80.00
E2Ho	7.92	1.07	2.46	2.60	82.23	0.27	0.09	0.33	26.86	1.70	14425.0	75.00
E2H1	7.97	1.07	2.42	2.50	81.72	0.26	0.10	0.28	28.92	1.67	13875.0	72.50
E3Ho	7.95	1.07	2.41	2.48	81.09	0.26	0.10	0.31	27.76	1.69	14175.0	67.50
E3H1	7.93	1.07	2.40	2.33	81.54	0.25	0.09	0.29	30.08	1.71	15162.5	68.75

Cuadro A.9 Medias de la interacción escoria y estiércol (A X C) de diferentes variables evaluadas en suelo a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. Primavera 1995.

Tratam.	pH	Da	C.E.	M.O.	CO ₃	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
Clave		g/cm ³	dS/m	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
EoSo	7.97	1.06	2.51	2.50	81.00	0.26	0.10	0.29	29.64	1.65	14675.0	77.50
EoS1	7.93	1.07	2.47	2.60	81.82	0.27	0.10	0.31	27.72	1.64	12850.0	75.00
E1So	7.94	1.08	2.45	2.69	81.32	0.28	0.09	0.32	27.86	1.74	13575.0	83.75
E1S1	7.97	1.07	2.39	2.56	82.74	0.27	0.10	0.33	29.18	1.63	16050.0	86.25
E2So	7.95	1.06	2.39	2.58	82.23	0.27	0.09	0.32	27.48	1.68	13650.0	78.75
E2S1	7.94	1.07	2.49	2.52	81.72	0.26	0.10	0.29	28.30	1.69	14650.0	68.75
E3So	7.94	1.07	2.41	2.29	81.09	0.24	0.09	0.31	28.76	1.71	15150.0	67.50
E3S1	7.93	1.08	2.40	2.52	81.54	0.26	0.10	0.30	29.08	1.69	14187.5	68.75

Cuadro A.10 Medias de la interacción Húmicos y estiércol (B x C) de diferentes variables evaluadas a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. Primavera 1995.

Tratam.	pH	Da	C.E.	M.O.	CO ₃	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
Clave		g/cm ³	dS/m	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
HoSo	7.95	1.06	2.41	2.51	81.46	0.26	0.09	0.33	27.41	1.67	14437.5	82.50
HoS1	7.93	1.07	2.45	2.63	82.45	0.28	0.10	0.31	28.38	1.68	14343.8	73.12
H1So	7.95	1.07	2.47	2.52	81.36	0.27	0.09	0.28	29.47	1.71	14087.5	71.25
H1S1	7.95	1.07	2.42	2.47	81.46	0.26	0.10	0.30	28.76	1.64	14525.0	76.25

Cuadro A.11 Medias de los tratamientos de diferentes variables evaluadas en suelo a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. Primavera 1995.

Tratam.	pH	Da	C.E.	M.O.	CO ₃	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
Clave		g/cm ³	dS/m	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
EoHoSo	7.99	1.05	2.43	2.49	79.56	0.26	0.10	0.29	29.78	1.65	14700.0	85.00
EoHoS1	7.92	1.07	2.44	2.63	81.79	0.28	0.11	0.31	27.78	1.65	12875.0	72.50
EoH1So	7.96	1.07	2.60	2.52	82.43	0.27	0.09	0.28	29.51	1.65	14650.0	70.00
EoH1S1	7.95	1.07	2.50	2.58	81.84	0.27	0.10	0.31	27.66	1.64	12825.0	77.50
E1HoSo	7.92	1.08	2.45	2.65	82.63	0.28	0.09	0.35	26.88	1.73	14075.0	90.00
E1HoS1	7.96	1.07	2.42	2.63	82.84	0.28	0.10	0.34	29.47	1.63	16275.0	90.00
E1H1So	7.96	1.07	2.44	2.73	80.01	0.29	0.09	0.30	28.84	1.75	13075.0	77.50
E1H1S1	7.97	1.06	2.36	2.49	82.64	0.26	0.10	0.32	28.90	1.63	15825.0	82.50
E2HoSo	7.93	1.06	2.37	2.53	82.28	0.27	0.09	0.35	26.40	1.66	14400.0	85.00
E2HoS1	7.92	1.07	2.56	2.67	82.59	0.28	0.10	0.31	27.31	1.74	14450.0	65.00
E2H1So	7.97	1.06	2.42	2.64	82.19	0.28	0.09	0.28	28.56	1.70	12900.0	72.50
E2H1S1	7.96	1.08	2.43	2.36	80.85	0.25	0.10	0.28	29.28	1.64	14850.0	72.50
E3HoSo	7.96	1.07	2.42	2.38	81.39	0.25	0.09	0.34	26.56	1.66	14575.0	70.00
E3HoS1	7.93	1.08	2.40	2.59	82.58	0.27	0.10	0.29	28.97	1.73	13775.0	65.00
E3H1So	7.92	1.07	2.41	2.21	80.80	0.23	0.09	0.27	30.97	1.76	15725.0	65.00
E3H1S1	7.94	1.08	2.40	2.45	80.50	0.26	0.09	0.31	29.19	1.66	14600.0	72.50

Cuadro A.12 Cuadrados medios y coeficientes de variación de diferentes variables evaluadas en suelo a los 150 días después de la siembra en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Fuente Variación	Bloques	Factor A	Factor B	Factor C	A x B	A x C	B x C	A x B x C	Error	C.V. %
gl	3	3	1	1	3	3	1	3	45	
pH	0.0089 **	0.0011	0.0029	0.0007	0.0032	0.0027	0.0015	0.0020	0.0016	0.50
Da g/cm ³	0.0028 **	0.0003	0.0001	0.0002	0.0003	0.0003	0.0000	0.0003	0.0005	2.27
C.E. dS/m	0.3086 **	0.0230	0.0008	0.0000	0.0207	0.0209	0.0317	0.0062	0.0161	5.20
M.O. %	0.1921	0.1345	0.0819	0.0146	0.0184	0.1066	0.1115	0.0388	0.0997	12.44
CO ₃ %	137.53 **	2.1875	4.6875	4.5938	7.4375	2.6667	3.2188	5.1771	5.5868	2.89
N %	0.0024	0.0014	0.0008	0.0001	0.0001	0.0011	0.0013	0.0003	0.0012	12.94
P %	0.0003	0.0001	0.0002	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	11.47
K %	0.0018	0.0026	0.0137 *	0.0000	0.0011	0.0015	0.0070 *	0.0010	0.0012	10.92
Ca %	46.84 **	3.1263	23.852 *	0.3516	5.5521	8.1667	11.305 *	4.2031	3.0150	6.09
Mg %	0.1270	0.0078	0.0000	0.0165	0.0015	0.0120	0.0269	0.0067	0.0114	6.35
Fe ppm	27727190 **	3736576	113664	472064	2370218	15019691 **	1129472	962218	3238161	12.54
Zn ppm	718.23	789.06 *	264.06	76.56	89.06	126.56	826.56	51.56	277.11	21.96

** significativo al nivel de 0.01

* significativo al nivel de 0.05

no significativo.

Cuadro A.13 Promedio de los factores de las diferentes variables del análisis foliar evaluadas a inicio de floración (75 días después de la siembra) en frijol en Navidad, N. L. 1995.

Variable Evaluada	Testigo	Escoria (A)			Húmicos (B)		Estiércol (C)	
		Escoria bof	Lodo bof	Polvo colector	Sin Húmicos	Con Húmicos	Sin Estiércol	Con Estiércol
P %	0.30	0.28	0.29	0.29	0.30	0.29	0.29	0.29
K %	3.31	3.58	3.51	3.72	3.47	3.59	3.66	3.40
Ca %	1.56	1.70	1.40	1.66	1.53	1.63	1.60	1.57
Mg %	0.39	0.42	0.39	0.42	0.41	0.41	0.42	0.40
Fe ppm	843.75	825.00	846.87	831.25	871.87	801.56	856.25	817.19
Zn ppm	51.57	58.12	45.00	49.37	52.18	50.00	46.56	55.62

Cuadro A.14 Medias de la interacción escoria y Húmicos (A x B) de diferentes variables de análisis foliar evaluadas a inicio de floración (75 días después de la siembra) en frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratam.	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
Clave	%	%	%	%	ppm	ppm
EoHo	0.30	3.36	1.56	0.39	812	61
EoH1	0.29	3.26	1.57	0.39	875	42
E1Ho	0.28	3.56	1.75	0.41	887	58
E1H1	0.29	3.61	1.66	0.43	762	57
E2Ho	0.29	3.48	1.38	0.38	875	48
E2H1	0.29	3.53	1.41	0.39	818	41
E3Ho	0.30	3.48	1.44	0.43	912	40
E3H1	0.28	3.95	1.88	0.41	750	58

Cuadro A.15 Medias de la interacción escoria y estiércol (A x C) de diferentes variables de análisis foliar evaluadas a inicio de floración (75 días después de la siembra) en frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratam.	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
Clave	%	%	%	%	ppm	ppm
EoS0	0.29	3.60	1.55	0.40	906	55
EoS1	0.30	3.02	1.58	0.38	781	48
E1S0	0.29	3.41	1.73	0.43	893	55
E1S1	0.28	3.76	1.67	0.41	756	61
E2S0	0.29	3.52	1.42	0.40	812	35
E2S1	0.29	3.50	1.37	0.37	881	55
E3S0	0.29	4.12	1.70	0.43	812	41
E3S1	0.29	3.31	1.63	0.41	850	57

Cuadro A.16 Medias de la interacción Húmicos y Estiércol (B x C) de diferentes variables de análisis foliar evaluadas a inicio de floración (75 días después de la siembra) en frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratam.	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
Clave	%	%	%	%	ppm	ppm
HoSo	0.29	3.53	1.60	0.41	909	49
HoS1	0.29	3.41	1.47	0.40	834	55
H1So	0.29	3.79	1.60	0.42	803	43
H1S1	0.29	3.38	1.66	0.39	800	56

Cuadro A.17 Medias de los tratamientos de diferentes variables de análisis foliar evaluadas a inicio de floración (75 días después de la siembra) en frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratam.	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
Clave	%	%	%	%	ppm	ppm
EoHoSo	0.30	3.70	1.46	0.41	810	70
EoHoS1	0.31	2.98	1.65	0.38	810	53
EoH1So	0.29	3.48	1.61	0.41	1000	40
EoH1S1	0.30	3.04	1.53	0.38	750	45
E1HoSo	0.29	3.27	1.81	0.41	1010	53
E1HoS1	0.28	3.84	1.71	0.43	760	65
E1H1So	0.30	3.56	1.68	0.47	780	58
E1H1S1	0.29	3.67	1.64	0.41	750	58
E2HoSo	0.29	3.40	1.57	0.40	940	40
E2HoS1	0.30	3.57	1.20	0.38	810	58
E2H1So	0.29	3.63	1.28	0.42	690	30
E2H1S1	0.30	3.40	1.55	0.35	950	53
E3HoSo	0.31	3.75	1.54	0.44	690	60
E3HoS1	0.30	3.23	1.33	0.43	950	45
E3H1So	0.28	4.51	1.84	0.43	750	48
E3H1S1	0.29	3.40	1.94	0.41	750	70

Cuadro A.18 Cuadrados medios y coeficientes de variación de diferentes variables de análisis foliar evaluadas a inicio de floración (75 días después de la siembra) en frijol en Navidad, N. L. 1995.

Fuente Variación	Bloques	Factor A	Factor B	Factor C	A x B	A x C	B x C	A x B x C	Error	C.V. %
gl	3	3	1	1	3	3	1	3	45	
P %	0.0045**	0.0003	0.0005	0.0001	0.0005	0.0002	0.0000	0.0001	0.0006	8.66
K %	3.9530**	0.4614	0.2138	1.1289	0.2339	0.1088	0.3162	0.1555	0.3378	16.45
Ca %	1.7822**	0.2970	0.1550	0.0207	0.2221	0.0098	0.1359	0.1502	0.2396	30.88
Mg %	0.0153**	0.0053	0.0000	0.0087	0.0011	0.0003	0.0040	0.0015	0.0027	12.69
Fe ppm	369518**	1705	79104	24416	39102	46081	20660	82745	66323	30.77
Zn ppm	384.89	480.73	76.56	1314.06*	989.06*	551.56	189.06	218.22	323.78	35.21

** significativo al nivel de 0.01

* significativo al nivel de 0.05

no significativo.

Cuadro A. 19 Promedio de las diferentes variables agronómicas evaluados en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Variable Evaluada	Escoria (A)				Húmicos (B)		Estiércol (C)	
	Testigo	Escoria bof	Lodo bof	Polvo colector	Sin Húmicos	Con Húmicos	Sin Estiércol	Con Estiércol
Rendimiento	3.50	3.64	3.55	3.85	3.64	3.64	3.66	3.61
Rend / planta	56.78	58.27	62.67	57.05	61.29	56.09	58.42	58.96
Biomasa 1	5.80	5.44	4.83	5.01	5.22	5.32	5.35	5.19
Biomasa 2	41.15	50.28	47.59	52.73	46.41	49.50	47.15	48.73
Biomasa 3	106.44	102.50	102.87	91.41	100.52	101.09	98.54	103.07
Vainas tot.	45.86	47.92	50.15	46.54	48.82	46.42	46.88	48.36
Granos tot.	180.82	187.99	198.06	182.92	193.86	181.04	185.10	189.80
Gran x Vaina	3.92	3.91	3.92	3.91	3.95	3.88	3.94	3.89
Peso 100 S	31.42	31.42	31.88	31.60	31.70	31.47	31.49	31.68

Cuadro A. 20 Promedio de la interacción Escoria x Húmicos (A x B) en las diferentes variables agronómicas evaluados en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratam	Rendimiento P.U.	rendimiento por planta	Biomasa a 1	Biomasa 2	Biomasa 3	Vainas totales	Granos totales	Granos por Vaina	Peso 100 Semillas
Clave	ton/ha	gr	gr	gr	gr				gr
EoHo	3.64	61.04	6.21	41.01	121.76	48.72	193.37	3.97	31.65
EoH1	3.38	52.50	5.38	41.28	91.11	43.00	168.27	3.87	31.18
E1Ho	3.67	55.55	4.50	44.50	100.05	45.12	177.80	3.91	31.67
E1H1	3.62	60.99	6.38	56.06	104.93	50.72	198.17	3.90	31.17
E2Ho	3.59	70.80	4.99	47.29	94.59	55.20	221.47	3.95	32.01
E2H1	3.51	54.52	4.67	47.88	111.14	45.10	174.65	3.89	31.75
E3Ho	3.64	57.77	5.18	52.81	85.66	46.22	182.77	3.96	31.45
E3H1	4.05	56.33	4.83	52.64	97.15	46.85	183.07	3.85	31.75

Cuadro A. 21 Promedio de la interacción Escoria x Estiércol (A x C) de las diferentes variables agronómicas evaluados en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratam	Rendimiento P.U.	Rendimiento por planta	Biomasa 1	Biomasa 2	Biomasa 3	Vainas totales	Granos totales	Granos por Vaina	Peso 100 Semillas
Clave	ton/ha	gr	gr	gr	gr				gr
EoSo	3.60	56.29	6.57	44.82	104.96	45.57	177.82	3.92	31.42
EoS1	3.42	57.25	5.03	37.47	107.91	46.15	183.82	3.92	31.41
E1So	3.73	62.06	4.42	45.55	92.52	49.90	197.80	3.97	31.41
E1S1	3.56	54.48	6.46	55.00	112.46	45.95	178.17	3.84	31.43
E2So	3.42	61.87	5.47	46.41	100.90	49.02	194.57	3.93	31.87
E2S1	3.68	63.45	4.19	48.77	104.84	51.27	201.55	3.91	31.88
E3So	3.90	53.45	4.94	51.79	95.74	43.02	170.20	3.93	31.23
E3S1	3.79	60.65	5.07	53.66	87.07	50.05	195.65	3.88	31.96

Cuadro A. 22 Promedio de la interacción Húmicos x Estiércol (B x C) de las diferentes variables agronómicas evaluados en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratam	Rendimiento P.U.	Rendimiento por planta	Biomasa 1	Biomasa 2	Biomasa 3	Vainas totales	Granos totales	Granos por Vaina	Peso 100 Semillas
Clave	ton/ha	gr	gr	gr	gr				gr
HoSo	3.75	59.48	5.50	46.69	99.04	46.81	186.75	3.98	31.55
HoS1	3.52	63.10	4.95	46.11	101.99	50.82	200.96	3.91	31.84
H1So	3.58	57.36	5.20	47.59	98.02	46.95	183.45	3.89	31.42
H1S1	3.70	54.81	5.43	51.34	104.15	45.88	178.63	3.86	31.50

Cuadro A. 23 Medias por tratamientos de las diferentes variables agronómicas evaluados en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Tratam.	Rendimiento P.U.	rendimiento por planta	Biomasa 1	Biomasa 2	Biomasa 3 *	Vainas totales	Granos totales	Granos por Vaina	Peso 100 Semillas
Clave	ton/ha	gr	gr	gr	gr				gr
EoHoSo	3.76	57.90	7.54	45.64	122.24	46.50	183.35	3.97	31.60
EoHoS1	3.52	64.18	4.88	36.37	121.28	50.95	203.40	3.96	31.70
EoH1So	3.44	54.69	5.60	44.00	87.68	44.65	172.30	3.86	31.25
EoH1S1	3.32	50.32	5.17	38.56	94.55	41.35	164.25	3.89	31.12
E1HoSo	4.04	56.99	3.36	46.09	111.47	44.95	181.60	4.04	31.32
E1HoS1	3.30	54.12	5.65	42.91	88.64	45.30	174.00	3.77	32.02
E1H1So	3.42	67.14	5.49	45.02	73.58	54.85	214.00	3.89	31.50
E1H1S1	3.81	54.84	7.28	67.09	136.29	46.60	182.35	3.91	30.85
E2HoSo	3.58	75.06	6.13	45.10	81.76	57.50	228.70	3.91	32.30
E2HoS1	3.60	66.54	3.86	49.47	107.42	52.90	214.25	3.99	31.72
E2H1So	3.25	48.69	4.82	47.71	120.04	40.55	160.45	3.95	31.45
E2H1S1	3.76	60.36	4.52	48.06	102.25	49.65	188.85	3.82	32.05
E3HoSo	3.61	47.97	4.97	49.94	80.70	38.30	153.35	4.00	30.97
E3HoS1	3.68	67.58	5.40	55.69	90.63	54.15	212.20	3.93	31.92
E3H1So	4.20	58.94	4.91	53.64	110.79	47.75	187.05	3.87	31.50
E3H1S1	3.90	53.72	4.75	51.64	83.51	45.95	179.10	3.83	32.00

Cuadro A. 24 Cuadrados medios y coeficientes de variación de diferentes variables agronómicas evaluados en el cultivo de frijol en Navidad, N. L. 1995.

Fuente Variación	Bloques	Factor A	Factor B	Factor C	A x B	A x C	B x C	A x B x C	Error	C.V. %
gl	3	3	1	1	3	3	1	3	45	
Rendimiento P.U.	55056.83	3050.33	2423.00	257.50	3313.83	1307.66	3180.00	2535.50	3606.01	18.66
Rend. por planta	1189.84**	119.00	433.53	4.58	348.21	148.69	152.89	358.01	318.57	30.41
Biomasa 1 gr	17.66	3.04	0.14	0.42	5.86	10.83	2.41	2.36	4.48	40.14
Biomasa 2 gr	626.64**	398.30*	150.31	40.06	128.69	189.86	74.70	217.87	144.33	25.06
Biomasa 3 gr	1470.04	678.00	4.94	329.50	1823.72	552.64	40.56	3537.13	720.81	26.63
Vainas totales	449.78	57.34	92.13	34.78	191.34	82.20	103.05	176.73	178.86	28.08
Granos totales	12921.50*	945.00	2625.25	351.75	3442.00	1372.67	1449.50	2072.72	3010.13	29.27
Granos por Vaina	0.46**	0.00	0.08	0.04	0.01	0.01	0.00	0.04	0.05	5.97
Peso 100 S.	1.08	0.76	0.87	0.59	0.54	0.51	0.16	1.10	0.74	2.72

** significativo al nivel de 0.01

* significativo al nivel de 0.05
no significativo.